

LIITE 12

Elementis Minerals B.V. Branch Finland

Kaivannaisjätteiden ja vesienhallinnan YVA-selostus



Sotkamon kaivoksen ja tehtaan kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma

Elementis Minerals B.V. Branch Finland

Projektinnumero: 101023791-001

Päivitys 19.5.2025



Sisällysluettelo

1	Johdanto	7
2	Suunnitelman laatimisperusteet.....	8
2.1	Lainsäädäntö	8
2.2	Suunnitelman päivittämisperuste.....	8
3	Toiminnan kuvaus.....	10
3.1	Toiminnan sijainti ja yhteystiedot	10
3.2	Lupatilanne.....	12
3.3	Esiintymä	14
3.4	Kaivostoiminnan yleiskuvaus ja tuotantomäärät	15
3.5	Malmin louhinta	17
3.5.1	Punasuon louhos	17
3.5.2	Uutelan satelliittikaivos	19
3.5.3	Lahnaslammen avolouhos.....	20
3.6	Rikastaminen	20
3.6.1	Malmin käsittely	20
3.6.2	Talkin rikastaminen.....	21
3.6.3	Nikkelin rikastaminen	21
3.7	Kemikaalit	22
4	Kaivoksen lähialueen kuvaus.....	23
4.1	Maisema, maankäyttö ja kaavoitus	23
4.2	Geologia.....	24
4.2.1	Kallioperägeologia	24
4.2.2	Maaperägeologia	26
4.2.3	Maa- ja kallioperän radiologiset ominaisuudet	28
4.3	Luonto ja suojelukohteet	28
4.3.1	Kasvillisuus.....	28
4.3.2	Eläimistö	31
4.3.3	Luonnonsuojelualueet	31
4.4	Vesistöt ja veden laatu	33
4.4.1	Vesistöalue	33
4.4.2	Virtaama	34

4.4.3	Veden laatu	36
4.4.4	Ekologinen tila	38
4.4.5	Kalasto.....	39
4.4.6	Pohjaeläimistö.....	40
4.5	Pohjavesiolosuhteet.....	40
4.5.1	Pohjavesialueet ja talouskaivot.....	40
4.5.2	Vedenjohtavuus ja pohjaveden virtaussuunnat.....	42
4.5.3	Pohjaveden pinnankorkeus	45
4.5.4	Pohjaveden laatu	47
4.6	Ilmasto ja ilman laatu	51
5	Kaivannaisjätteen määrä ja sijoittaminen.....	52
5.1	Yleistä.....	52
5.2	Maa-ainesten määrä ja sijoittaminen	54
5.3	Sivukiven määrä ja sijoittaminen.....	54
5.4	Porasoija	55
5.5	Tarvekivi	56
5.6	Rikastushiekan määrä ja sijoittaminen	56
5.6.1	Papinlammen rikastushiekka-allas	56
5.6.2	Rikastushiekan vanhat läjitysalueet	58
5.7	Vesienkäsittelyssä muodostuvat sakat	59
6	Kaivannaisjätteiden karakterisointi.....	60
6.1	Tutkimusmenetelmät	62
6.1.1	ABA-testi	63
6.1.2	NAG-testi ja NAG-uutteen tutkimus	63
6.1.3	Ravistelutestit	64
6.1.4	Kuningasvesiuutto alkuainepitoisuuksien arvioinnissa	65
6.1.5	Nelihappouutto alkuainepitoisuuksien arvioinnissa	65
6.1.6	Kosteuskammiokoe.....	65
6.1.7	Mineraloginen analyysi	66
6.2	Pintamaan ominaisuudet	67
6.3	Sivukivien ominaisuudet.....	74
6.3.1	Sivukivien näytteenotto ja analyysit.....	74
6.3.2	Sivukivien mineralogia	75
6.3.3	Sivukivien geokemialliset ominaisuudet	77
6.3.4	Arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä ja liukoisuusominaisuudet.....	82
6.3.5	Sivukivien radiologiset ominaisuudet.....	89
6.3.6	Kuitumineraalit.....	89

6.3.7	Sivukiven vaaraominaisuuksien arvioinnin tarve	89
6.3.8	Sivukivinäytteiden edustavuus	93
6.4	Poraussoijan ominaisuudet	93
6.5	Rikastushiekan ominaisuudet	93
6.5.1	Rikastushiekan fysikaaliset ominaisuudet	94
6.5.2	Rikastushiekan mineralogia	94
6.5.3	Rikastushiekan geokemialliset ominaisuudet	95
6.5.4	Arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä ja liukoisuusominaisuudet	98
6.5.5	Rikastushiekan kemikaalijäämät	101
6.5.6	Rikastushiekan radiologiset ominaisuudet	101
6.5.7	Kuitumineraalit	102
6.5.8	Rikastushiekan vaaraominaisuuksien arviointi	102
6.6	Vesienkäsittelyssä muodostuvat sakat	103
6.6.1	Soidinsuon vesienkäsittelysakan ja neutralointisakan geokemialliset ominaisuudet	103
6.6.2	Soidinsuon vesienkäsittelysakan ja neutralointisakan liukoisuusominaisuudet	105
6.6.3	Soidinsuon vesienkäsittelysakan ja neutralointisakan vaaraominaisuuksien arviointi	106
6.6.4	Uutelan vesienkäsittelysakkojen geokemialliset ominaisuudet	107
6.6.5	Uutelan vesienkäsittelysakkojen liukoisuusominaisuudet	108
6.6.6	Uutelan vesienkäsittelysakkojen vaaraominaisuuksien arviointi	110
7	Kaivannaisjätteiden luokitus	111
7.1	Luokitus kaivannaisjäteasetuksen mukaan	111
7.2	Luokittelu jäteluettelon mukaan	113
7.3	Jätteen vaaraominaisuuksien arviointi	113
7.4	Pintamaan luokittelu	115
7.5	Sivukivien luokittelu	115
7.6	Rikastushiekan luokittelu	116
7.7	Vesienkäsittelysakkojen luokittelu	116
7.8	Kaivannaisjätteen luokittelun kooste	117
8	Kaivannaisjätteiden jätealueet	119
8.1	Kaivannaisjätteen jätealueen määritelmä	119
8.2	Maanpoistomaiden hallinta	120
8.2.1	Maanpoistomaiden läjitysalueen yleiskuvaus	120
8.2.2	Maanpoistomaiden läjitysalueiden pohjaolosuhteet	120
8.3	Sivukivien hallinta	120

8.3.1	Sivukivialueen yleiskuvaus.....	120
8.3.2	Sivukivialueen pohjarakenne ja pohjan olosuhteet	121
8.3.3	Sivukivialueen maisemointi	121
8.3.4	Sivukiven tunnistaminen, lastaus ja kuljetus	122
8.3.5	Sivukiven sijoittaminen louhokseen.....	123
8.4	Rikastushiekan hallinta.....	124
8.4.1	Papinlammen rikastushiekka-altaan yleiskuvaus	124
8.4.2	Suljetut rikastushiekan läjitysalueet	126
8.4.3	Papinlammen rikastushiekka-altaan pohjarakenne ja pohjan olosuhteet	126
8.4.4	Papinlammen rikastushiekka-altaan padot	126
8.4.5	Rikastushiekan johtaminen ja läjittäminen	127
8.4.6	Rikastushiekan ja rikastushiekka-alueen tarkkailu.....	127
8.4.7	Vesienkäsittelysakan sijoittaminen rikastushiekka-altaalle	127
9	Kaivannaisjätealueiden luokittelu	128
9.1	Pintamaiden varastoalueiden luokittelu	128
9.2	Sivukivialueen luokittelu.....	129
9.3	Rikastushiekka-altaan luokittelu	129
9.4	Soidinsuon allas	129
9.5	Lahnaslammen louhosjärvi	129
9.6	Jätealueiden luokittelun yhteenveto	129
10	Kaivannaisjätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen.....	130
10.1	Yleiset periaatteet kaivannaisjätteen määrän ja haitallisuuden vähentämiseksi	130
10.2	Kaivannaisjätteen määrän minimointi	130
10.3	Kaivannaisjätteiden hyödyntäminen.....	130
10.3.1	Maa-aineksen hyödyntäminen	130
10.3.2	Sivukiven hyödyntäminen.....	131
10.3.3	Rikastushiekan hyödyntäminen	131
11	Vesienhallinta kaivannaisjätealueilla.....	131
11.1	Vesien johtaminen.....	131
11.2	Kaivannaisjätealueilla muodostuvat ylitevedet ja suotovedet.....	133
11.2.1	Sivukivialueen suotovedet	133
11.2.2	Papinlammen vedet	134
11.2.3	Kaivannaisjätealueiden vesijakeiden laatu	135
12	Kaivannaisjätealueiden ympäristövaikutukset ja vaikutusten vähentäminen	136

12.1	Maaperä ja pohjavedet	136
12.2	Pintavedet	139
12.3	Ilmanlaatu	139
12.4	Melu	139
12.5	Luonto	139
12.6	Maankäyttö ja maisema	140
13	Kaivannaisjätealueiden riskit ja niiden hallinta	140
14	Suuronnettomuuden vaaran arviointi ja haittojen torjuminen	141
14.1	Suuronnettomuuden vaaran arviointiperusteet	142
14.2	Sivukiven ja maa-aineksen läjitysalueiden suuronnettomuuden vaaran arviointi	143
14.3	Rikastushiekka-altaan suuronnettomuuden vaaran arviointi	144
14.4	Suuronnettomuuden torjunta	147
15	Parhaan käytettävissä olevan tekniikan huomioiminen	147
16	Tarkkailu ja tarkastukset toiminnan aikana ja sen jälkeen	148
16.1	Ympäristötarkkailu	148
16.2	Stabiliteetti ja patoturvallisuustarkkailut	148
16.3	Jätejakeiden tarkkailu	148
17	Sulkemissuunnitelma ja vakuusesitys	150
18	Jätehuoltosuunnitelman päivittäminen	152
19	Lähdeluettelo	153

Liitteet

- 1 Kosteuskammiokokeiden tulokset
- 2 BAT-tarkastelu
- 3 Sulkemissuunnitelma
- 4 Papinlammen korotussuunnitelma +190 sisältäen stabiliteettilaskelman ja vahingonvaara-arvio
- 5 Sisäinen pelastussuunnitelma* **Salainen: Yleisen turvallisuuden ja tietosuojan perusteella kokonaan salattava. Perusteena on julkisuuslain 621/1999 24§:n kohdat 7 ja 8.**

Suunnitelman versiohistoria

Pvm	Suunnitelma	Laatija
19.5.2025	Sotkamon kaivoksen jätehuoltosuunnitelman päivitys - Uutelan vesienkäsittelysakan vaaraominaisuuksien päivitys ekotoksisuustestin tulosten perusteella - Uutelan ja Soidinsuon altaan vesienkäsittelysakkojen jäteluokkien päivitys - Porasojan jäteluokan päivitys - Pintamaiden ominaisuudet - Vakuus vesienkäsittelyyn sulkemisen jälkeen 20 vuodeksi	AFRY Finland Oy
20.12.2024	Sotkamon kaivoksen jätehuoltosuunnitelma	AFRY Finland Oy
29.5.2020	Sotkamon kaivos ja tehdas, kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma	Envineer Oy

1 Johdanto

Tässä suunnitelmassa esitetään Elementis B.V. Branch Finlandin (myöhemmin Elementis) kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) 4 §:n mukaisena. Alla olevassa vastaavuustaulukossa (Taulukko 1-1) kuvataan tiivistettynä, mistä osista dokumenttia kaivannaisjäteasetuksen edellyttämät tiedot löytyvät.

Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaa käsittelevä viranomainen voi kaivannaisjäteasetuksen 4 §:n 2 momentin mukaan 1 momentissa säädetyn lisäksi vaatia, että jätehuoltosuunnitelmassa on esitettävä myös muita tarpeellisia tietoja sen arvioimiseksi, että kaivannaisjätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen sekä jätteen hyödyntäminen ja loppukäsittely järjestetään ympäristönsuojelulain (27.6.2014/527), jätelain (646/2011) sekä kaivannaisjäteasetuksen mukaisesti.

Suunnitelman laatimisperusteet on esitetty tarkemmin luvussa 2.

Taulukko 1-1. Jätehuoltosuunnitelman sisältö kaivannaisjäteasetuksen 4 §:n mukaisena.

VNA 190/2013, 4 §:n mukainen sisältö		Esitetty tässä raportissa
1	Selvitys toiminnassa syntyvistä kaivannaisjätteistä ja niiden ominaisuuksista	Toiminnassa syntyvät kaivannaisjätteet kappaleessa 5 ja niiden ominaisuudet kappaleessa 6.
2	Arvio kaivannaisjätteen kokonaismäärästä, kuvaus jätteen hyödyntämisestä ja loppukäsittelystä sekä tiedot kaivannaisjätteen hyödyntämisestä tyhjässä kaivoksessa tai louhoksessa	Toiminnassa syntyvät kaivannaisjättemäärät kappaleessa 5. Hyödyntäminen ja loppukäsittely on esitetty kappaleessa 10.
3	Selvitys kaivannaisjätteen jätealueesta ja sen ympäristöstä sekä jätealueen luokitukselta suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi tai muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi	Kaivannaisjätteen jätealueet on esitetty kappaleessa 8 ja niiden ympäristö on esitetty kappaleessa 4. Kaivannaisjätealueiden luokitus on kuvattu kappaleessa 9.
4	Kaivannaisjätteen jätealueen luokituksen mukaan joko tiedot suuronnettomuuden torjumiseksi laadituista toimintaperiaatteista, turvallisuusjohtamisjärjestelmästä ja sisäisestä pelastussuunnitelmasta tai muu selvitys onnettomuusvaaroista	Suuronnettomuusvaaran arviointi ja suunnitelma haittojen torjumiseksi on kappaleessa 14 ja onnettomuusriskien tunnistaminen kappaleessa 13.
5	Selvitys maaperän, vesistön ja pohjaveden tilasta kaivannaisjätteen jätealueella ja sellaisella lähialueella, johon jätteestä voi aiheutua kuormitusta	Hankealueen maaperä- ja pohjavesiolosuhteet, sekä vesistöt ja veden laatu on kuvattu kappaleessa 4.
6	Tiedot kaivannaisjätteen ja kaivannaisjätteen jätealueen aiheuttamista ympäristövaikutuksista	Ympäristövaikutukset ja niiden hallinta on kuvattu kappaleessa 12.

VNA 190/2013, 4 §:n mukainen sisältö		Esitetty tässä raportissa
7	Tiedot maaperän, vesistön, pohjaveden ja ilman pilaantumisen sekä muiden vaikutusten ehkäisemiseksi toteutettavista toimista toiminnan aikana ja sen päätyttyä	Vaikutusten ehkäisemistoimet ovat kuvattu kappaleessa 12.
8	Selvitys seurannasta ja tarkkailusta toiminnan aikana ja sen päätyttyä	Seuranta ja tarkkailu on kuvattu kappaleessa 16.
9	Tiedot toiminnan lopettamisesta, kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisesta ja jälkihoidosta sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta	Kaivoksen sulkemissuunnitelma esitetään liitteenä 3.

2 Suunnitelman laatimisperusteet

2.1 Lainsäädäntö

Kaivannaisjätedirektiivi (2006/21/EY) on kansallisella tasolla pantu täytäntöön lailla ympäristönsuojelulain muuttamisesta, lailla maa-aineslain muuttamisesta sekä pelastuslain muutoksella. Ympäristönsuojelulain muutos 527/2014 on tullut voimaan 1.1.2015. Ympäristönsuojelulain 112 §:ssä määritellään kaivannaisjäte, kaivannaisjätteen jätealue ja suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava kaivannaisjätteen jätealue. Lain 114 §:n mukaan ympäristölupaa edellyttävästä kaivostoiminnasta, jossa syntyy kaivannaisjätettä, on laadittava kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma. Jätehuoltosuunnitelmaa ei kuitenkaan tarvita, jos kivenlouhinta tai kivenmurskaus liittyy maarakentamiseen. Kaivannaisjätteistä, kaivannaisjätealueista ja jätehuoltosuunnitelman sisällöstä ja tavoitteista säädetään valtioneuvoston antamassa kaivannaisjäteasetuksessa 190/2013.

Toiminnanharjoittajan on arvioitava ja tarvittaessa tarkistettava kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaa vähintään viiden vuoden välein ja ilmoitettava tästä valvontaviranomaiselle. Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaa on muutettava, jos kaivannaisjätteen määrä tai laatu taikka jätteen loppukäsittelyn tai hyödyntämisen järjestelyt muuttuvat merkittävästi (YSL 114 §).

2.2 Suunnitelman päivittämisperuste

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on Lahnaslammen kaivoksen Papinlammen rikastushiekka-altaan korottamista koskevassa päätöksessään (Nro 103/2023 Dnro PSAVI/455/2021, 28.6.2023) muuttanut Vaasan hallinto-oikeuden päätöksen (27.3.2009 nro 09/0111/1) lupamääräyksestä 18a, joka velvoittaa yhtiötä toimittamaan yksityiskohtaisen kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman sekä pitämään suunnitelmat

ajan tasalla sekä ilmoittamaan muutoksista vuosiraportoinnin yhteydessä. Aluehallintovirasto on tarkentanut em. määräystä mm. siten, että suunnitelmassa otetaan huomioon rikastushiekka-altaan reunapatojen korottaminen vähintään päätöksen [Nro 103/2023 Dnro PSAVI/455/2021] mukaiseen enimmäistasoon [N60, +181 m mpy] tai em. hyväksyttyä korkeustasoa korkeammasta patorakenteesta. Suunnitelman päivitys on määrätty toimitettavaksi aluehallintovirastoon vuoden 2024 loppuun mennessä, jolloin lupaviranomainen voi samassa yhteydessä käsitellä myös lupamääräysten A2, 37a ja 57 mukaisia suunnitelmia ja selvityksiä (koskien mm. hajakuormitusselvitystä, pohjavesimallia ja sulkemissuunnitelmaa) ja aluehallintovirasto voi suunnitelmien hyväksymisen yhteydessä antaa tarvittavia määräyksiä. Lisäksi kaivannaisjätevakuuden suuruus tulee tarkistettavaksi suunnitelmien yhteydessä.

Tässä yhteydessä Elementis Minerals B.V. Branch Finland päivittää kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman sekä hakee muutosta rikastushiekka-altaan korotukseksi tasolle +190 m mpy. Samalla lupahakemuksella haetaan myös mm. lupaa vesienkäsittelysakkojen läjittämiseksi Soidinsuon altaalle sekä Papinlampeen, sivukiven läjittämiseksi Lahnaslampeen myös yksinään ilman rikastushiekkaa. Rikastushiekka-altaan korotus on huomioitu tässä päivitetyssä jätehuoltosuunnitelmassa sekä jätealuetta koskevassa vakuudessa, joka on esitetty osana suunnitelmaa. Päivitetyt jätehuoltosuunnitelman yhteydessä viranomaiselle toimitetaan Sotkamon tehdasalueen ja kaivoksen päivitetty sulkemissuunnitelma.

Tämä kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma kattaa Elementis Sotkamon tehtaan ja kaivoksen toiminnan kaivannaisjätteet. Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma on laadittu tilanteessa, jossa malmia ja sivukiveä louhitaan Punasuon kaivokselta ja tehtaalla käsitellään myös Uutelan satelliittilouhoksen malmia.

Edellinen kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelma on laadittu 29.5.2020 Envineer Oy:n toimesta.

Suunnittelussa on huomioitu Sotkamon tehdas- ja kaivosalueella eri yhteyksissä tehdyt tutkimukset ja selvitykset, kaivoslainsäädäntö, valtioneuvoston kaivannaisjäteasetus (VNA 190/2013), kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskeva MWEI BREF-vertailuasiakirja sekä soveltuvien osin kaivosten perustamiseen ja sulkemiseen liittyvät oppaat ja julkaisut.

Tämä suunnitelma sisältää seuraavat lisäykset/päivitykset verrattuna vuoden 2020 suunnitelmaan:

- rikastushiekka-altaan korotuksen muutoksen kuvaus
- jätejakeiden tarkkailutietojen- ja luokittelun päivitys
- jätealueiden luokittelun päivitys nykyllä lainsäädännön mukaiseksi
- jätealueisiin liittyvien pohja- ja pintavesitietojen päivitys
- jätealueisiin liittyvien sulkemusrakennetietojen päivitys
- rikastushiekka-altaan vesienhallinnan päivitys
- kaivannaisjätevakuuden tarkastaminen

3 Toiminnan kuvaus

Tässä kappaleessa on esitetty kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) 4 §:n ja liitteen 3 kohdan A. 1. a) ja A. 1. c) mukaisia tietoja:

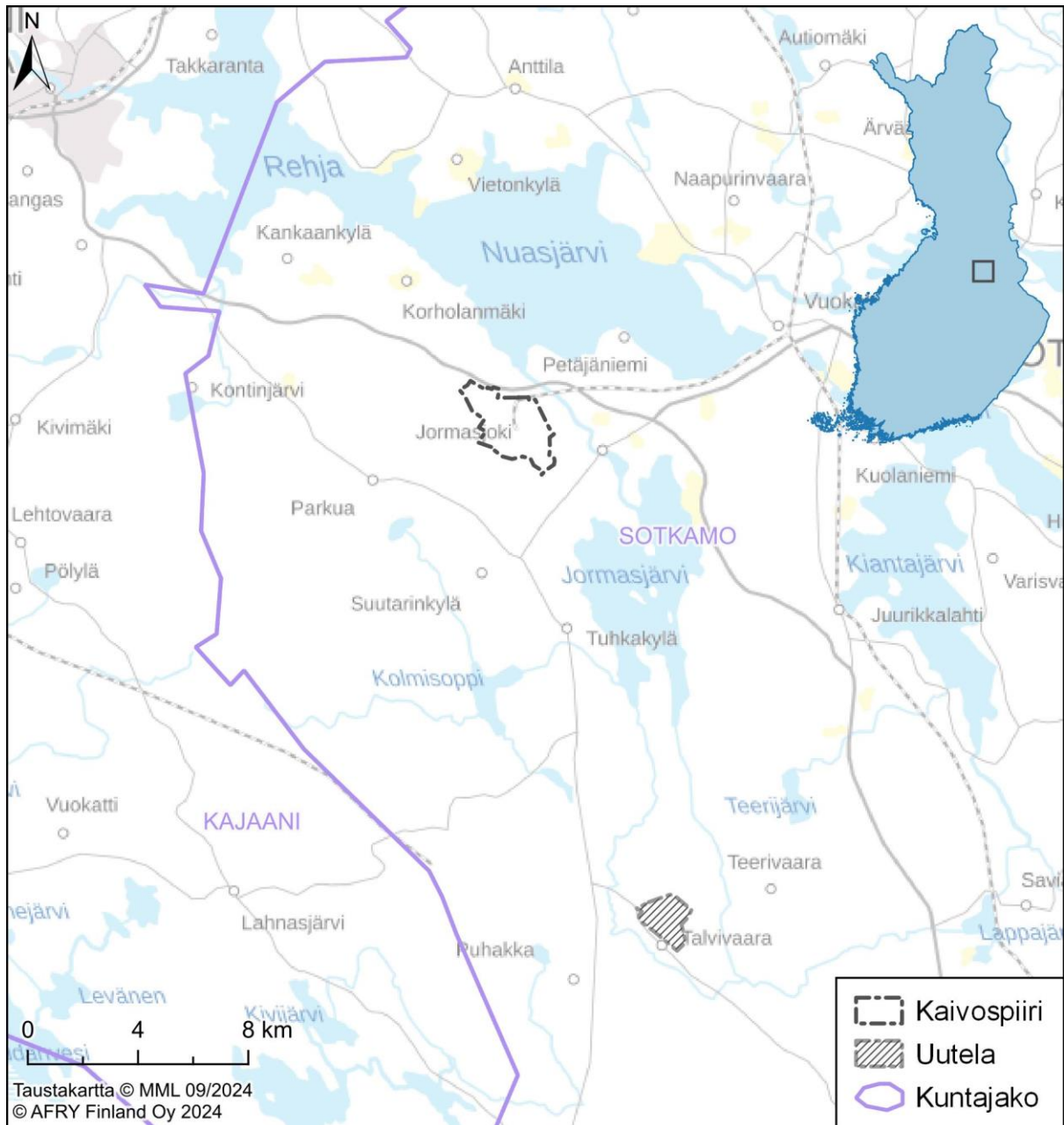
- A. Jätteen ominaisuuksien määrittely
1. Jätteen ominaisuuksien määrittelyn on perustuttava seuraaviin tietoihin:
- a) Taustatiedot:
- Suunnitellun kaivannaistoiminnan kuvaus ja sen tavoitteet
 - Yleiset tiedot seuraavista seikoista:
 - o malmin etsintä, louhinta ja rikastustoiminta
 - o louhintamenetelmän ja rikastusprosessin tyyppi sekä kuvaus niistä
 - o lopputuotteet
- c) Jätteen laji ja sen suunniteltu hyödyntäminen tai loppukäsittely:
- kuvaus rikastuksessa käytettävistä kemikaaleista

3.1 Toiminnan sijainti ja yhteystiedot

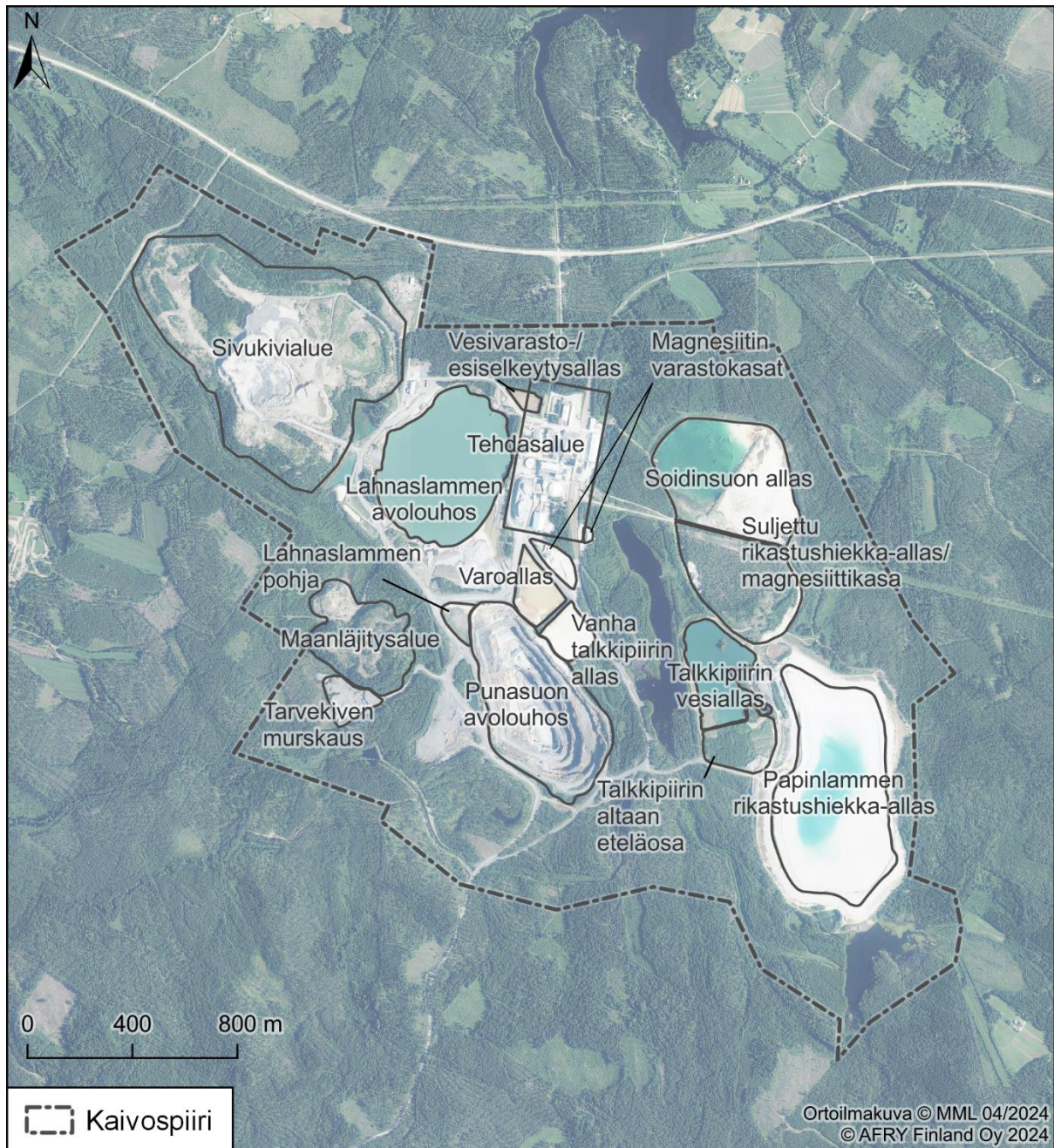
Elementis Sotkamon kaivosalue sijaitsee Sotkamon kunnassa, n. 16 km Sotkamon kuntakeskuksesta länteen Nuasjärven eteläpuolella. Kaivoksen pohjoispuolitse kulkee valtatie nro 6. Kaivoksen toiminta sijoittuu Lahnaslampi- ja Punasuo-nimisille kaivospiireille. Kaivospiirien yhteenlaskettu kokonaispinta-ala on noin 593 ha. Kaivospiirin sijoittuminen kartalla on esitetty kuvassa 3-1. Kuvassa 3-2 on esitetty Sotkamon kaivoksen nykyisten toimintojen sijoittuminen.

Kartassa 3-1 on esitetty lisäksi Uutelan kaivosalue, josta tuodaan malmia Sotkamon tehdasalueelle.

Yritys:	Elementis Mineral B.V. Branch Finland
Osoite:	Kajaanintie 54 88620 Korholanmäki
Y-tunnus:	2137749-9
Kaivospiiri:	2607B Punasuo 20.6.2007 1170 Lahnaslampi



Kuva 3-1. Elementisin Sotkamon kaivospiirin sijainti.



Kuva 3-2. Ilmakuva kaivospiirin alueesta.

3.2 Lupatilanne

Sotkamon teollisuusalueella (tehdas ja kaivos) on voimassa seuraavat Pohjois-Suomen aluehallintoviraston (ent. Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto) myöntämät luvat ja päätökset (Taulukko 3-1):

Taulukko 3-1. Toimintaa koskevat luvat ja niiden muutokset.

Lupanumero	Diaarinumero	Asia ja antopäivä	Tila
9/08/2	Psy-2003-y-175	Sotkamon kaivoksen ja tehtaan ympäristö- ja vesitalouslupa, 18.1.2008	Lainvoimainen
09/0111/1	00804-00810/08/5399	Vaasan hallinto-oikeuden päätös ympäristö- ja vesitalousluvan valitukseen, 27.3.2009	Lainvoimainen
1847	1396/1/09, 1397/1/09	Korkeimman hallinto-oikeuden päätös, 29.6.2011	Lainvoimainen
41/10/1	PSAVI/72/04.08/2010	Lahnaslammen kaivoksen sulkemissuunnitelma vuosille 2009–2013, 1.6.2010	Lainvoimainen
42/10/1	PSAVI/109/04.08/2010	Lahnaslammen kaivoksen ja tehtaalta vesistöön kohdistuvaa hajakuormitusta ja sen hallintaa koskeva selvitys, 1.6.2010	Lainvoimainen
123/11/1	PSAVI/88/04.08/2011	Sotkamon kaivoksen ympäristö- ja vesitalousluvan lupamääräyksen nro 9 muuttaminen, 14.12.2011	Lainvoimainen
128/2016/1	PSAVI/7/04.08.2011	Lahnaslammen kaivoksen vanhojen jätealueiden sulkemistoimien hyväksyminen, 22.9.2016	Lainvoimainen
103/2023	PSAVI/455/2021	Lahnaslammen kaivoksen toiminnan olennainen muuttaminen koskien Papinlammen rikastushiekka-altaan korottamista, 28.6.2023	Lainvoimainen

Lahnaslammen kaivoksen vanhojen jätealueiden sulkemistoimien hyväksymispäätöksellä (nro 128/2016/1, 22.9.2016) on täydennetty 1.6.2010 hyväksyttyä kaivoksen sulkemissuunnitelmaa ja Sotkamon kaivoksen ja tehtaan ympäristö- ja vesitalouslupaa nro 9/08/2 lupamääräyksellä 1a, koskien Talkkipiirin eteläpään kaivannaisjätteen jätealuetta.

Lahnaslammen kaivoksen Papinlammen rikastushiekka-altaan korottamista koskevalla päätöksellä (nro 103/2023 28.6.2023) on lisätty ympäristölupapäätökseen nro 9/08/2 uudet lupamääräykset A1, A2 ja A3 sekä muutettu lupamääräyksiä 18a, 20, 26, 37a, 43, 57, 61 ja 64.

Yhtiöllä on vireillä hakemus koskien Sotkamon kaivoksen ja tehtaan ympäristö- ja vesitalousluvan nro 9/08/2 lupamääräyksiä 4,5 ja 7 muuttamista (PSAVI/3658/2024).

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen päätökset:

- Kainuun ympäristökeskus on 31.10.2008 antamallaan päätöksellä (Dnro 1295Y0028) ja Kainuun TE-keskuksen kalatalousyksikkö 4.11.2008 antamallaan päätöksellä (Dnro 886/5723-2008) hyväksyneet Sotkamon kaivokselle ja tehtaalle laaditun yhteisen tarkkailuohjelman.
- Kainuun ELY-keskus on 4.11.2010 hyväksynyt kirjeellään (Dnro KAIELY738/07.00/2010 Lahnaslammen kaivoksen täyttösuunnitelman Sotkamon kaivoksen ja tehtaan ympäristö- ja vesitalousluvan (PSY-2003-175) lupamääräyksen 28 mukaisesti.
- Kainuun ELY-keskus on 2.5.2011 hyväksynyt kirjeellään (Dnro KAI/ELY/38/07.00/2010) konsultin tekemän juoksutettavien vesien päästötarkkailun keskeyttämisen toistaiseksi ja Lahnaslammen kaivokseen johdettavien vesien tarkkailun täyttösuunnitelmassa esitetyllä tavalla.
- Kainuun ELY-keskus on 6.7.2011 hyväksynyt kirjeellään (Dnro KAIELY738/07.00/2010) sivukivialueella tehdyt sulkemistyöt ja rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelman
- Kainuun ELY-keskus on 20.12.2011 tekemällään päätöksellä (Dnro KAI/ELY/38/07.00/2011) hyväksynyt tietyin muutoksin kaivoksen ja tehtaan käyttö-, päästö-, ympäristövaikutusten tarkkailun lisäysehdotuksen.

Kauppa- ja teollisuusministeriö on myöntänyt Mondo Minerals Oy:lle (nyk. Elementis Minerals B.V. Branch Finland) kaivosoikeudet kaivospiireille Lahnaslampi nro 2607/1d, 2607/1a, 2607/1b, 2607/1c, 2607/1f ja 2607/2a sekä Lahnaslampi nro 1170, 1170/1-2 ja 1170/1b.

Lisäksi Säteilyturvakeskus on antanut turvallisuusluvan (nro 3123/L1/92) sekä siihen liittyviä täydentäviä päätöksiä (3123/L5/07, annettu 2.2.2007 ja 3132/L11/16, annettu 29.1.2016) koskien pääasiassa radiometrisiä mittalaitteita (tiheysmittarit prosessissa) sekä laboratorion röntgen laitteet (diffraktio- ja /tai fluoresenssianalysaattoreita).

3.3 Esiintymä

Alue sijaitsee Kainuu-Outokumpu-jakson nimellä tunnetun liuskevyöhykkeen alueella, joka sisältää runsaasti kiille- ja mustaliuskeita. Louhittava vuolukiviesiintymä sijoittuu ns. Nuasjärven altaan alueelle. Kaivoksen länsipuolella kallioperä on kvartsiittia ja itäpuolella kiilleliusketta. Talkkimalmin sivukivet koostuvat mustaliuskeista, ja sen takia, alueen maaperä ja pohjavedet sisältävät luontaisesti kohonneita metalli-, arseeni- ja rikkipitoisuuksia. (AFRY Finland Oy 2021a).

Louhittava malmi on vuolukiveä, joka sisältää talkkia 45–55 % ja karbonaattimineraaleja noin 40 % (pääosin magnesiittia ja dolomiittia). Muita mineraaleja, kuten kloriittia, sulfideja ja oksideja on normaalisti noin 5 %. Talkkimalmin kemiallinen koostumus on melko homogeeninen. Pääkomponenttien pitoisuudet (MgO 35,7 %, SiO₂ 33,22 %, Fe₂O₃ 6,23 %, C 5,49 %, Al₂O₃ 1,08 %, CaO 0,27 %, MnO 0,076 %, TiO₂ 0,027 % sekä vähäisiä määriä K₂O, Na₂O ja P₂O₅) eivät juurikaan vaihteile malmissa. (AFRY Finland Oy 2024)

Malmin nikkelpitoisuudet ovat alueen vuolukivelle tyypillisesti korkeita (975–2 250 mg/kg, keskimäärin 1 770 mg/kg). Nikkelisulfidit rikastetaan nikkelirikasteeksi. Malmissa on myös kobolttia keskimäärin 150 mg/kg ja arseenia 170 mg/kg. Malmin reunoilla kalsiumpitoisuudet ovat korkeampia ja dolomiitit yleisempiä. Metamorfoosin aikana mustaliuskeista on liennut rikkiä, minkä takia mustaliuskeiden lähellä olevassa malmissa rikkipitoisuus on muuta malmia korkeampi.

Sotkamon kaivosalueen Lahnaslammen esiintymä on louhittu loppuun vuonna 2010. Tämän jälkeen tehdasalueella on rikastettu malmia tehdasalueen välittömässä läheisyydessä olevasta Punasuon esiintymästä ja noin 20 kilometrin päässä sijaitsevasta Uutelan vuolukiviesiintymistä.

3.4 Kaivostoiminnan yleiskuvaus ja tuotantomäärät

Seuraava kaivostoimintaa koskeva nykytilakuvaus perustuu olemassa oleviin tietoihin, kuten YVA- ja lupa-asiakirjoihin (AFRY Finland Oy 2024; AFRY Finland Oy 2021a).

Sotkamon tehdas- ja kaivosalueen tuotantotoiminta koostuu talkkimalmin louhinnasta avolouhoksesta, malmin rikastuksesta talkki- ja nikkelirikasteeksi ja jatkojalostuksesta erilaisiksi talkkituotteiksi mikrotalkkitehtaalla. Toiminnassa syntyvät sivutuotteet: sivukivi, maanpoistomassat ja rikastushiekka, joita ei voida välittömästi hyötykäyttää, loppusijoitetaan. Osa sivutuotteista menee hyötykäyttöön esim. kaivosalueen rakentamiseen. Alueella on ollut kaivostoimintaa vuodesta 1968 lähtien.

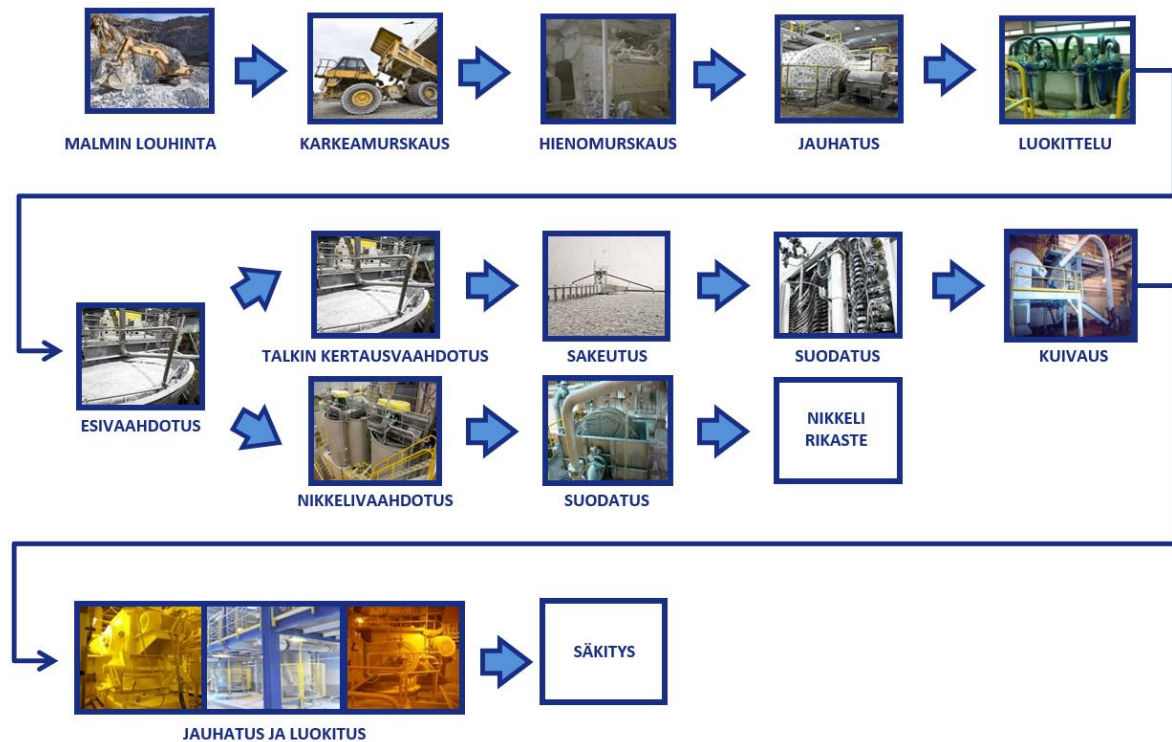
Malmia louhitaan tällä hetkellä Punasuon avolouhoksesta, josta malmia on tuotettu tehtaalle vuodesta 2010 lähtien. Malmin louhinta Punasuon kaivoksesta on ollut vuosina 2018–2023 keskimäärin noin 385 000 tonnia vuodessa. Malmin lisäksi louhitaan sivukiveä noin 0,5–1,5 milj. t/a. Sotkamon tehtaalle tuodaan malmia myös Uutelan kaivokselta. Ennen Punasuon avaamista louhinta oli käynnissä Lahnaslammen avolouhoksessa, jossa louhinta lopetettiin loppuvuodesta 2010, kun tuotanto Punasuon louhoksessa käynnistyi. Louhinnan lopettamisen jälkeen Lahnaslammen kaivokseen on läjitetty Punasuon kaivoksen sisäraakkua ja hyödyntämiskelvotonta sivukiveä. Sivukiveä on sijoitettu Lahnaslammen kaivoksen lisäksi sivukivialueelle.

Rikastushiekkaa muodostuu 350 000–450 000 t/a. Rikastushiekan läjitys on tapahtunut tähän asti pääasiallisesti Papinlammen rikastushiekka-altaaseen, Lahnaslammen kaivokseen on läjitetty hiukan myös rikastushiekkaa.

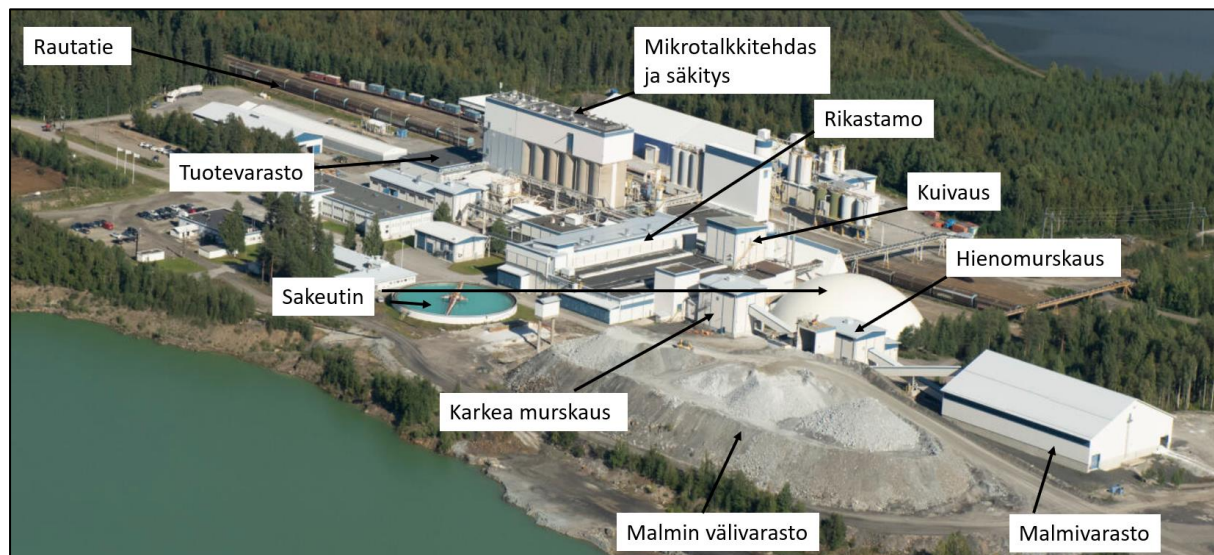
Nykyinen talkin tuotanto on noin 150 000 t/a. Toimintaa koskevat voimassa olevat luvat mahdollistavat rikastamon tuotannon nostamisen tasolle 400 000 t/a. Malmi rikastetaan ja jatkojalostetaan karkeusasteeltaan vaihteleviksi talkkituotteiksi. Talkkia tuotetaan teollisuuden tarpeisiin. Pääasiallisia käyttäjiä ovat mm. paperi-, muovi- ja maalliteollisuus. Lopputuote toimitetaan asiakkaille kuivana jauheena tai granuloituna. Tuotteet kuljetetaan tilaajille junalla tai maantiekuljetuksena rekoilla. Talkin rikastuksen sivutuotteena saatavan nikkelirikasteen tuotanto on noin 4 500 t/a riippuen talkkirikasteen tuotannosta.

Tuotantolaitokset toimivat seisokkeja lukuun ottamatta keskeytymättä vuorokauden ympäri, kaikkina vuoden päivinä. Kaivoksen yksinkertaistettu prosessikaavio malmin

louhinnasta lähtien on esitetty kuvassa 3-3 ja toimintojen sijainti tehdasalueella on esitetty kuvassa 3-4.



Kuva 3-3. Prosessikaavio.



Kuva 3-4. Toimintojen sijoittuminen tehdasalueelle.

3.5 Malmin louhinta

Sotkamon tehdasalueella tuodaan malmia rikastettavaksi Uutelan ja Punasuon louhoksilta. Punasuon louhos sijaitsee Sotkamon tehtaalla välittömässä läheisyydessä ja Uutelan satelliittilouhos noin 20 kilometrin päässä. Malmin louhinta Uutelassa alkoi vuonna 2006 ja Punasuolla vuonna 2010. Sotkamon kaivosalueen Lahnaslammen esiintymästä louhittiin vuosina 1968–2010 malmia yhteensä 17,1 milj. tonnia.

Yhtiö suunnittelee myös tuotannon aloittamista Paltamossa sijaitsevalla Mieslahden kaivoksella, kun kaikki toiminnan aloittamiseen tarvittavat luvat on saatu.

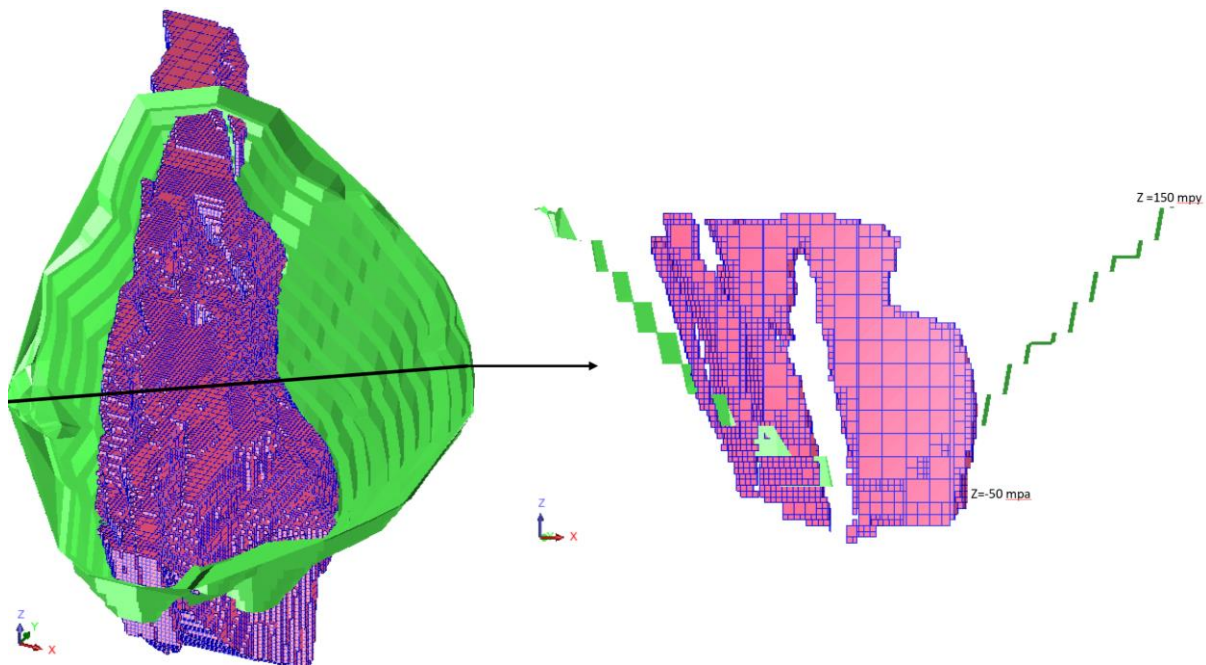
Taulukko 3-2. Uutelan ja Punasuon kaivoksen louhintamäärät vuosina 2006–2023. Louhittu malmi on rikastettu Sotkamon tehtaalla.

Vuosi	Malmimäärä (t)	
	Uutelan kaivos	Punasuon kaivos
2006	33 459	-
2007	108 645	-
2008	52 136	-
2009	4 410	-
2010	27 454	153 187
2011	35 074	644 244
2012	259 798	371 476
2013	197 089	253 638
2014	269 255	234 758
2015	303 633	173 493
2016	535 976	78 915
2017	476 206	73 959
2018	196 214	441 277
2019	182 944	404 205
2020	135 619	408 007
2021	164 887	437 935
2022	103 443	352 998
2023	85 750	300 301
Yhteensä	2 932 930	4 328 393

3.5.1 Punasuon louhos

Talkkimalmi louhitaan avolouhintana vuolukiviesiintymästä. Käytössä oleva Punasuon avolouhos sijaitsee tehdasalueen eteläpuolella. Malmin louhinta käynnistyi vuonna 2010. Sen pinta-ala on noin 20,5 ha ja sen on arvioitu laajenevan enimmillään 26 hehtaariin. Mikäli toiminta päättyy noin vuonna 2032 kun Papinlampi on korossa +190, avolouhos on noin tasossa +35. Mikäli tuotantoa voidaan tämänkin jälkeen jatkaa, avolouhoksen pohja

tulee ulottumaan tuotannon loppuvaiheessa, maksimiskenaariossa tasolle -50 m. Maanpinta on alueella tasossa noin +155 m (AFRY 2024).



Kuva 3-5. Punasuon kaivoksen louhintasuunnitelma ja blokkimalli Punasuon talkkimalmista.

Malmi ja sivukivi irrotetaan porauspanostus -menetelmällä. Poravaunulla poratut 10–20 metrin pituiset reiät panostetaan reikään pumpattavalla emulsioräjähdyksaineella ja sytyttämiseen käytetään impulssiletkujärjestelmää. Irrotettu malmi ja sivukivi lastataan kaivinkoneilla kiviautoihin, jotka kuljettavat malmin rikastukseen ja sivukiven läjitettäväksi. Malmin louhintamäärä on vuosina 2010–2023 vaihdellut välillä 74 000–644 000 t/a ja sivukiven 0,3–1,7 Mt/a.

Louhinta tapahtuu urakoitsijan toimesta. Urakoitsija työskentelee louhintatilanteen mukaan yhdessä tai kahdessa vuorossa 5 päivänä viikossa. Työpäiviä kertyy noin 260 päivää vuodessa. Räjähdykset suoritetaan pääasiassa samaan kellon aikaan eli klo 14.00 ja viikossa on yhdestä kahteen räjäytyskertaa.

Louhittava malmi on vuolukiveä, joka sisältää talkkia 45–55 % ja karbonaattimineraaleja noin 40 % (pääosin magnesiittia ja dolomiittia). Muita mineraaleja, kuten kloriittia, sulfideja ja oksideja on normaalisti noin 5 %. Talkkimalmin kemiallinen koostumus on melko homogeeninen. Pääkomponenttien pitoisuudet (MgO 35,7 %, SiO₂ 33,2 %, Fe₂O₃ 6,2 %, C 5,5 %, Al₂O₃ 1,1 %, CaO 0,3 %, MnO 0,08 %, TiO₂ 0,03 % sekä vähäisiä määriä K₂O, Na₂O ja P₂O₅) eivät juurikaan vaihteile malmissa.

Malmin nikkelpitoisuudet ovat alueen vuolukivelle tyypillisesti korkeita (975–2 250 mg/kg, keskimäärin 1 770 mg/kg). Nikkelisulfidit rikastetaan nikkelirikasteeksi. Malmissa on myös kobolttia keskimäärin 150 mg/kg ja arseenia 170 mg/kg. Malmin reunoilla kalsiumpitoisuudet ovat korkeampia ja dolomiitit yleisempiä. Metamorfoosin aikana

mustaliuskeista on liennut rikkiä, minkä takia mustaliuskeiden lähellä olevassa malmissa rikkipitoisuus on muuta malmia suurempi.

Tämä kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma on laadittu kattamaan toiminnot noin vuoteen 2032 asti, jolloin rikastushiekka-allas olisi arviolta täynnä tasolle +190 m mpy. Arvio Punasuon malmin ja sivukiven louhintamääristä vuosille 2024–2032 on esitetty taulukossa Taulukko 3-3.

Taulukko 3-3. Arvio Punasuon malmin ja sivukiven louhintamääristä vuosille 2024–2032.

Vuosi	Punasuon kaivos (t)	
	Malmi	Sivukivi
2024	384 222	1 500 000
2025	417 475	1 291 433
2026	403 278	1 304 293
2027	377 859	1 458 247
2028	400 599	494 314
2029	399 768	743 947
2030	398 966	1 342 608
2031	399 640	1 438 939
2032	400 880	1 500 000

3.5.2 Uutelan satelliittikaivos

Uutelan satelliittikaivos on otettu käyttöön vuonna 2006 ja siellä louhitaan talkkimalmia, joka toimitetaan yhtiön Sotkamon tehtaalle. Malmin louhintamäärä on vuosina 2006–2023 vaihdellut välillä 4 410–535 976 t/a, ollen viime vuosina noin 100 000–200 000 t/a (Taulukko 3-2). Uutelan kaivoksen toiminnassa syntyvät sivukivet läjitetään Uutelaan. Uutelan kaivokselle on myönnetty ympäristölupa toiminnan laajentamiselle 13.4.2022 (nro 53/2022, dnro PSAVI/9947/2019). Päätös ei ole lainvoimainen.

Uutelan talkkimalmi (talkkimagnesiitti eli vuolukivi) koostuu pääosin talkista (45–55 %) ja karbonaatista (40 %). Karbonaatit ovat pääosin magnesiittia. Aksessorisina mineraaleina esiintyy tyypillisesti kloriittia, oksideja ja sulfideja. Epäpuhdas talkkimalmi luokitellaan sivukiveksi. (Elementis 2020a)

Taulukko 3-4. Arvio Uutelan malmin louhintamääristä vuosille 2024–2032.

Vuosi	Uutelan kaivos (t)	
	Malmi	
2024	130 000	
2025	130 915	
2026	130 369	
2027	130 882	
2028	131 002	

Vuosi	Uutelan kaivos (t)
	Malmi
2029	131 084
2030	130 849
2031	130 936
2032	130 837

3.5.3 Lahnaslammen avolouhos

Ennen Punasuon avaamista louhintaa tehtiin Lahnaslammen avolouhoksessa. Lahnaslammen kaivos oli tuotannossa vuosina 1968–2010. Tämän jälkeen kaivokseen on läjitetty Punasuon kaivokselta louhittua sivukiveä. Lahnaslammen kaivokseen on läjitetty vuosina 2010–2023 yhteensä 3,3 milj. m³ (noin 9,6 milj. t) Punasuon sivukiveä. Lahnaslammen kaivoksen jäljellä oleva tilavuus on noin 12 milj. m³ (*tilanne keväällä 2024*).

Avolouhoksen pinta-ala on noin 24 ha. Maanpinta on louhoksen reunalla tasolla +160 m mpy ja louhoksen pohja on tasolla -20 m. Kaivoksen kokonaissyvyys on n. 180 m ja tilavuus 17 Mm³. (Elementis 2020b)

Muodostuvan sivukiven ja rikastushiekan läjitystoiminta on lupaehtojen mukaan siirrettävä läjitysalueilta Lahnaslammen avolouhokseen sen jälkeen, kun malmin louhinta Lahnaslammeista on loppunut. Louhokseen on läjitetty Punasuon louhoksen pintamaita, sivukiviä ja jonkin verran magnesiittihiekkaa.

Lahnaslammen kaivokseen on ohjattu mm. Punasuon kaivoksesta pumpatut kuivanapitovedet, tavoitteena on ollut nostaa Lahnaslammen kaivoksen vedenpintaa mahdollisimman nopeasti. Lahnaslammen louhosjärvi on täyttynyt vuonna 2020, ja sen vedenpinta pidetään pumppaamalla tasolla +147 m mpy (AFRY Finland oy 2024).

3.6 Rikastaminen

Punasuon ja Uutelan kaivosten malmien käsittely ja rikastaminen tapahtuu Sotkamon tehtaassa ja kaivoksen alueella.

3.6.1 Malmin käsittely

Ennen rikastamista malmi murskataan ja jauhetaan hienompaan raekokoon. Malmin murskauslaitteistot ja esimurskatun malmin välivarasto sijaitsevat rikastamon länsipuolella. Louhitun malmin murskaus tapahtuu kahdessa vaiheessa ja käytettävän murskauspiirin kapasiteetti on 250 t/h. Ensimmäisessä vaiheessa malmi syötetään karkeamurskaamoon, jossa se murskataan alle 200 mm:n palakokoon. Esimurskauksesta malmi siirretään kuljettimilla välivarastohalliin. Välivaraston pohjalta lähtee kuljetin, jota pitkin esimurskattu malmi kulkee hienomurskaamolle, jossa se murskataan

iskupalkkimurskalla alle 25 mm:n raekokoon. Tämän jälkeen malmi kuljetetaan jauhatukseen.

Malmin jauhatus ja rikastus tehdään rikastamorakennuksessa lukuun ottamatta sakeutusaltaita, jotka sijaitsevat rikastamorakennuksen ympärillä. Murskatun malmin jauhatus vaahdotushienouteen (raekoko alle 0,1 mm) tapahtuu kuulamylyssä vesilietteessä. Jauhinkappaleina myllyissä käytetään teräskuulia. Vaahdotushienouteen jauhettu talkkimalmi erotetaan sykloneilla vaahdotusprosessiin, ja karkeampi syklonien alite palautetaan uudelleen jauhatukseen. Rikastusprosessissa tarvittava vesi otetaan pääasiassa prosessivesialtaista (Talkkipiirin allas ja Papinlammen allas).

3.6.2 Talkin rikastaminen

Jauhettu malmi vaahdotetaan useassa vaiheessa. Vaahdotuksessa halutut mineraalit erotetaan vaahdotuskemikaalien avulla puhaltamalla ilmakuplia mineraalilietteeseen.

Talkin esivaahdotusvaiheessa jauhetusta malmista syntyvä rejekti (magnesiittihiekka ja Ni-sulfidit) pumpataan nikkelivaahdotukseen. Erotettu talkkirikaste pumpataan kertausvaahdotusten kautta sakeuttimeen. Sakeuttimessa talkkirikastelietteestä poistetaan vettä, jolloin lietteen kiintoainepitoisuus kasvaa. Talkkirikaste laskeutuu sakeutusaltaan pohjalle ja kirkas ylitevesi palautetaan prosessiin. Sakeutin toimii myös rikasteen välivarastona. Veden poistoa jatketaan edelleen suodattamalla. Osa rikasteesta varastoidaan suodinkakkuna erilliseen varastoon, josta sitä toimitetaan yhtiön muille tehtaille jatkojalostettavaksi.

Suodatettu talkkirikaste kuivataan nestekaasun poltosta saatavan lämpöenergian tai sähkökuivaimen avulla. Kuuma ilma kuivattaa rikasteen, joka erotetaan suodattimilla palokaasuista ja vesihöyrystä. Täysin kuiva rikaste siirretään pneumaattisesti mikrotalkkitehtaalte jatkojalostusta varten.

Prosessin lopputuotteena talkkimalmista (talkkipitoisuus 45–55 %) saadaan tuotetta, jonka talkkipitoisuus on 96–98 %.

Mikrotalkkitehdas sijaitsee ratapihan läheisyydessä tehdasalueen keskellä. Mikrotalkkitehtaan välittömässä läheisyydessä ovat myös pakkauslinjat ja lopputuotteiden varastotiloja.

Mikrotalkkitehtaalte siirretty kuiva talkkirikaste jauhetaan myllyillä lukuisiksi karkeudeltaan vaihteleviksi tuotteiksi. Rikaste syötetään ensin syöttösiiloihin, joista edelleen myllyille. Karkeille talkkilaaduille tehdään pelkkä mekaaninen jauhatus.

Hienommille talkkilaaduille tehdään lisäksi suihkujauhatus. Eri karkeusasteisiin jauhettu talkki syötetään lopuksi tuotesiiloihin, joista pakkauslinjoille tai lastaussiiloihin. Lopputuotteet toimitetaan asiakkaille bulk-toimituksina tai paperi- ja suursäkkeihin pakattuna kuivana jauheena tai granulaattina.

3.6.3 Nikkelin rikastaminen

Nikkelirikaste erotetaan talkkivaahdotuksen rejektistä monivaiheisessa vaahdotuksessa. Saatu nikkelirikaste suodatetaan kiekkosuodattimella kuiva-ainepitoisuuteen 92 %. Suodinkostea rikaste säkitetään. Rikastushiekka (pääosin magnesiittihiekkaa) pumpataan rikastushiekka-altaille. Nikkelirikaste toimitetaan asiakkaille kosteana rikasteena. Nikkelirikasteen painosaanti rikastamon syötteestä on noin 1 %. Rikasteen nikkelipitoisuus on tavallisesti noin 10 %.

3.7 Kemikaalit

Kaivannaisjäteasetuksen 3 §:n kohdan 5 mukaan kaivannaisjäteasetuksen yhtenä tavoitteena on, että mineraalien rikastamisessa käytetään ympäristölle mahdollisimman vaarattomia kemikaaleja. Toiminnassa käytetään kemikaaleja lähinnä rikastusprosessissa ja vesienkäsittelyssä. Kemikaaleja ja niiden syöttöä optimoidaan jatkuvasti toiminnan aikana, joten käytössä olevat kemikaalit ja niiden määrät voivat vaihdella.

Rikastuskemikaaleja käytetään erottamaan haluttu erotettava fraktio jauhetusta kiviaineksesta. Talkin rikastuksessa käytetään alkoholijohdannaista vaahdotetta. Nikkelirikastuksessa aktivointikemikaalina käytetään kuparisulfaattia, kokoojakemikaalina natriumetyyliksantaattia, painajana karboksimeetyliselluloosaa (CMC) sekä polymeerivaahdotetta. Nikkelisuodatuksen apuaineena käytetään lisäksi alumiinisulfaattia.

Kaivosalueen vesien käsittelyssä käytetään pääosin sammutettua kalkkia eli kalsiumhydroksidia. Tarvittaessa vesienkäsittelyssä käytetään lisäksi natriumhydroksidia. Saniteettivesien puhdistamiseen käytetään ferrosulfaattia. Kaivostoiminnassa vuonna 2022 käytettyjen kemikaalien kulutus on esitetty taulukossa 3-5.

Taulukko 3-5. Rikastamolla, vesienkäsittelyssä ja talkkitehtaalla käytettävät kemikaalit, niiden käyttökohteet ja vuotuiset käyttömäärät vuonna 2022 (AFRY Finland Oy 2024).

Kemikaali	Käyttökohde	Kulutus (kg/a)
2-etyyliheksanoli	talkkirikasteen vaahdotus	12 264
Propyleeniglykolimetyylieetteri	nikkelirikasteen vaahdotusaine	6 476
Natriumetyyliksantaatti	nikkelirikasteen vaahdotusaine	9 041
Kuparisulfaatti	nikkelirikasteen vaahdotus	4 453
Natriumkarboksyyli-metyyliselluloosa	nikkelirikasteen vaahdotus	15 455
Ferrisulfaatti	nikkelirikasteen suodatus, As saostus vedestä	15 570
Natriumhydroksidi, 49–50 %	vesien käsittely	409 850
Sammutettu kalkki	vesien käsittely	461 000
Grip fix SW 10/3 LS	säkityksen liima	2 900

Räjähdyksineet

Louhinnassa käytetään erilaisia räjähteitä nykytuotannolla noin 300 t/a. Tällä hetkellä louhinnassa käytetään lähinnä reikään pumpattavaa emulsioräjähdeaineita ja aloitepanoksina patruonoituja emulsioräjähteitä. Räjähdysaineiden tyypillisenä osa-aineena on ammoniumnitraatti (AFRY Finland Oy 2024).

Poltto- ja voiteluaineet

Talkkirikasteen kuivaamiseen käytettiin vuonna 2023 n. 1200 tonnia nestekaasua, mutta vuotuinen käyttömäärä tulee olennaisesti laskemaan 2024 käyttöön otetun hybridikuivaimen myötä, joka mahdollistaa talkin kuivaamisen myös sähköllä.

Työkoneet käyttävät polttoaineenaan kevyttä polttoöljyä. Polttoaineen kulutus tehdasalueella oli vuonna 2023 noin 6 000 l. Lisäksi urakoitsijan kaivostoiminnassa käyttämien koneiden kevyen polttoöljyn kulutus vuonna 2023 oli noin 1 milj. litraa (AFRY Finland Oy 2024).

4 Kaivoksen lähialueen kuvaus

Tässä kappaleessa on esitetty seuraavat kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) 4 §:n kohtaan 5 liittyviä tietoja maaperän osalta sekä asetuksen ja liitteen 3 kohdan a. 1. b) mukaiset tiedot siinä laajuudessa, kun tietoja on käytettävissä:

- 5) selvitys maaperän, vesistön ja pohjaveden tilasta kaivannaisjätteen jätealueella ja sellaisella lähialueella, johon jätteestä voi aiheutua kuormitusta
- A. Jätteen ominaisuuksien määrittely
1. Jätteen ominaisuuksien määrittelyn on perustuttava seuraaviin tietoihin:
- b) Hyödynnettävän esiintymän geologiset tiedot:
- Louhinnassa ja rikastuksessa syntyvien jätteiden tunnistaminen esittämällä asiaankuuluvat tiedot seuraavista seikoista:
 - ympäröivän kallioperän luonne, sen kemialliset ja mineralogiset ominaisuudet, mukaan lukien mineralisoidun kiviaineksen ja arvomineraaleja sisältämättömän kiviaineksen hydroterminen muuttuminen
 - esiintymän luonne, mukaan lukien mineralisoitunut kiviaines
 - louhittujen mineraalien, juonimineraalien ja hydrotermisesti muodostuneiden mineraalien osalta mineralisaation typologia, niiden kemialliset ja mineralogiset tiedot, mukaan lukien fysikaaliset ominaisuudet, kuten tiheys, huokoisuus, raekokojakauma ja vesipitoisuus
 - esiintymän koko ja muoto
 - rapautuminen ja pintakerrosten muuttuminen kemiallisesta ja mineralogisesta näkökulmasta

4.1 Maisema, maankäyttö ja kaavoitus

Maisema

Kaivos sijoittuu Nuasjärven eteläpuolelle ja Jormasjoen länsipuolelle alueelle, jolla kumpuilevat matalat vaarat ja niiden väliin jäävät suot puroineen. Maisemakuva on metsäinen. Metsiä pirstovat metsähakkuut ja metsätiet.

Maankäyttö

Hankealueen lähiympäristö on pääosin metsätalousvaltaista aluetta, jossa on suoalueita, järviä ja maatalousmaata. Asuinrakennuksia on alle kilometrin etäisyydellä kaivospiiristä, erityisesti pohjoispuolella Jormasjoen varrella ja Telkkälässä. Lähimmät asuinrakennukset ovat noin 300 metrin päässä kaakkoon, 480 metrin päässä pohjoiseen ja 560–660 metrin päässä länteen kaivospiirin rajasta. Vapaa-ajan asuinrakennukset keskittyvät vesistöjen läheisyyteen, lähimmillään noin 800 metriä kaivospiiristä.

Kaivoksen läheisyydessä ei ole herkkiä kohteita, kuten kouluja tai päiväkoteja. Rommakon moottoriurheilukeskus on reilun 500 metrin päässä kaivospiirin länsipuolella, ja alueella on myös moottorikelkkareitti.

Jormaslahden rannalla on vakituista ja vapaa-ajan asutusta, ja aluetta käytetään virkistykseen. Kaivoksen läheisyydessä metsästetään, ja alueella toimii Jormasjoen metsästysseura.

Kaavoitus

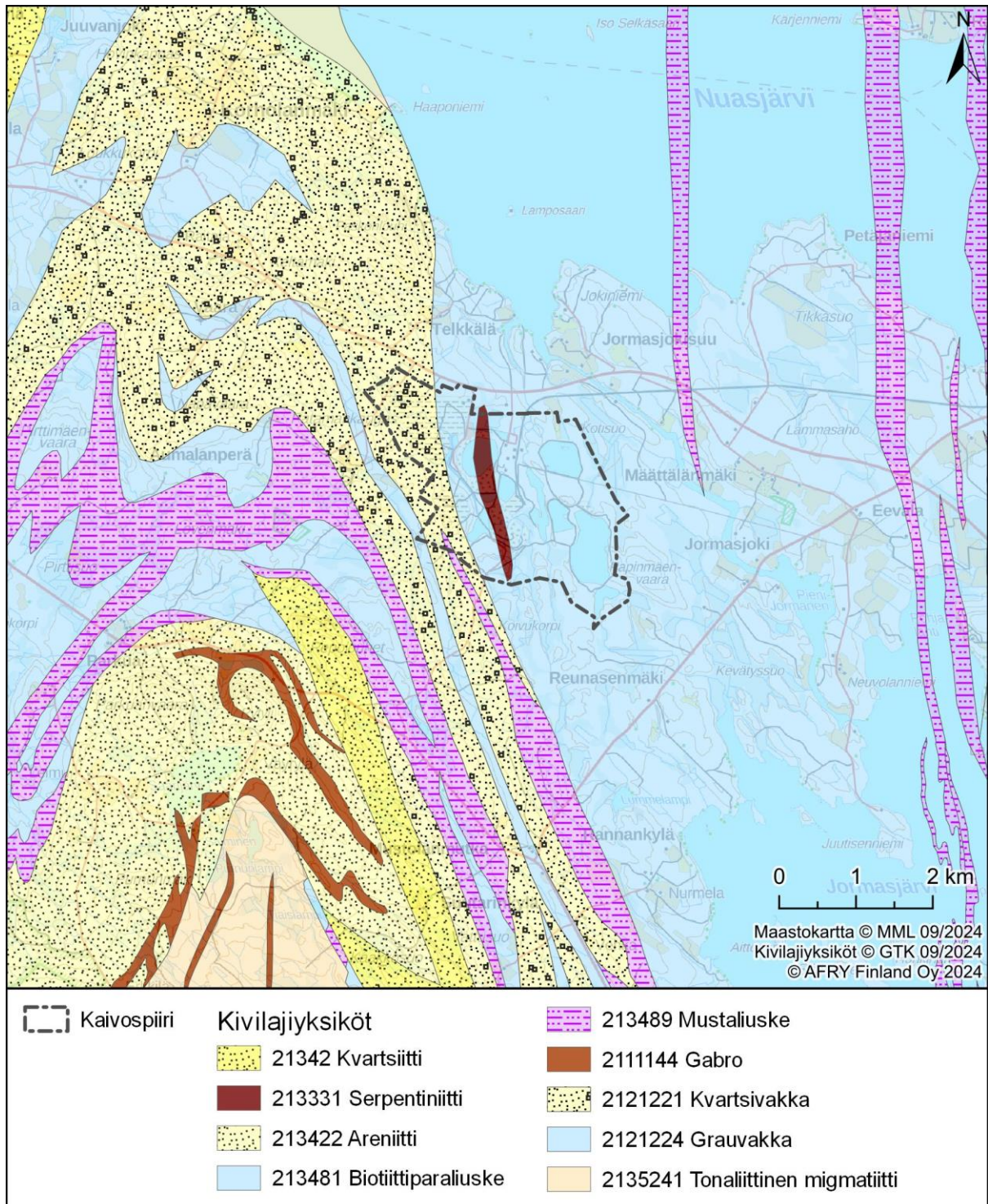
Koko Kainuun alueella on voimassa Kainuun maakuntakaava 2020, joka on hyväksytty 7.5.2007 ja vahvistettu 29.4.2009. Kainuun maakuntakaavoitusta on täydennetty vaihemaakuntakaavoin. Hankealue on osoitettu maakuntakaavassa merkinnällä EK (kaivos tai kaivostoimintaan liittyvä alue). Kaivospiirin alueella ei ole voimassa olevaa yleis- tai asemakaavaa.

4.2 Geologia

4.2.1 Kallioperägeologia

Alueen kallioperä on pääosin biotiittiparaliusketta (kiilleliuske), varsinainen talkkimalmi on talkkimagnesiittikiveä eli vuolukiveä. Kaivospiirin länsireunalla kivilajina on kvartsiitti (kvartzivakka). Biotiittiparaliuske on rakenteeltaan suuntautunut, sedimenttissyntyinen metamorfinen kivilaji, jonka päämineraaleja ovat kvartsi, maasälpä ja kiilteet; alkuperältään se on yleensä savisyntyinen. Lisänimensä mukaisesti se sisältää runsaasti biotiittia. Kvartsiitti koostuu nimensä mukaisesti pääosin kvartsista. Talkkimagnesiitti on metamorfinen kivi, joka koostuu pääasiassa talkista ja karbonaatista (magnesiitti). Alueella tavataan myös mustaliusketta, ja sen takia alueen maaperä ja pohjavedet sisältävät luontaisesti kohonneita metalli-, arseeni- ja rikkipitoisuuksia.

Hankealueen ja sen lähiympäristön kallioperän yleispiirteet on esitetty kuvassa 4-1.



Kuva 4-1. Kaivosalueen ja sen lähiympäristön kallioperän yleispiirteet. Kaivosalueella serpentiniitti on muuttunut talkkimagneesiitiksi.

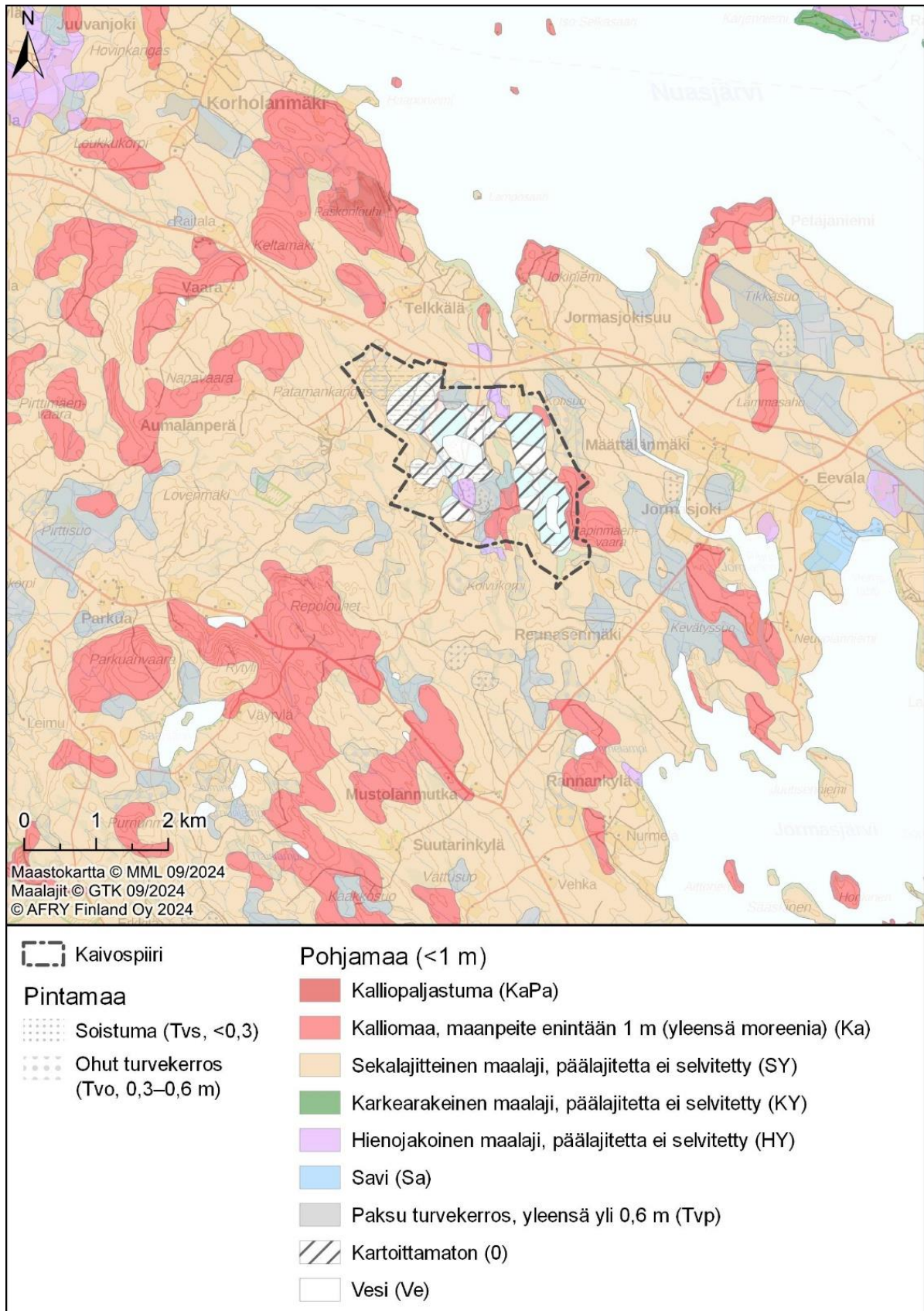
4.2.2 Maaperägeologia

Kohdealueen maaperän yleispiirteet on esitetty kuvassa 4-2. Maaperä on sen mukaisesti pääasiassa sekalajitteista maalajia eli moreenia, jonka päälajitetta ei ole selvitetty. Myös hienolajitteisia maalajeja (siltti) tavataan paikoin. Maaperän paksuus on GTK:n karttapalvelun (<https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>) mukaan noin 10 m.

Lahnaslammen kaivos sijaitsee ns. metalliprovinssin alueella. Metalliprovinssit ovat alueita, joilla koboltin, kromin, kuparin, nikkelin, vanadiinin tai sinkin pitoisuudet ovat moreenissa usein suurempia kuin muualla Suomessa. Geologian tutkimuskeskuksen maaperän taustapitoisuudet (TAPIR) -karttapalvelun (<http://gtkdata.gtk.fi/Tapir/>) perusteella hankealueen moreenin (Luonnonmaa: moreeni < 2 mm raekoko) alkuaineiden mediaanipitoisuudet ovat lähinnä tavanomaisella tasolla (laskennan säde 15 km, keskipiste 551967,7110215, Metalliprovinssi_3). Esimerkiksi kaikkien ns. PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaisten alkuaineiden (11 kpl) pitoisuudet olivat alle kynnyksarvotasojen (AFRY 2024).

Kohdealueelta ei ole tietoa happamista sulfaattimaista GTK:n palvelussa (<https://gtkdata.gtk.fi/Hasu/index.html>) eikä myöskään arviota niiden esiintymisen todennäköisyyksistä. Alueen kallioperän mustaliuskeiden vuoksi on todennäköistä, että mustaliuskeiden rapautumistuotteita on myös alueen maa-aineksessa. Rapautumistuotteiden vaikutus näkyy maaperän kohonneina rikki- ja metallipitoisuuksina.

Alueella on vuosikymmenten ajan ollut toimintoja, joihin liittyen alueella on toteutettu paljon rakentamisia, kaivuja ja läjityksiä. Kohteessa on yksi merkintä ympäristöhallinnon maaperän tilan tietojärjestelmässä (MATTI). Tietojärjestelmässä on tietoja alueista, joiden maaperään on voinut päästä haitallisia aineita, tai joiden tilaa on selvitetty tai jotka on jo puhdistettu. Merkintä sijaitsee Punasuon louhoksen luoteispäässä (551807, 7110022).



Kuva 4-2. Kaivosalueen ja sen lähiympäristön maaperän yleispiirteet.

4.2.3 Maa- ja kallioperän radiologiset ominaisuudet

Louhinnassa muodostuvista sivukivistä on mitattu uraani- ja toriumpitoisuudet nelihappouuttomenetelmällä. Uraanipitoisuus oli tutkituissa näytteissä (n=7) pienimmillään alle määritysrajan (0,05 mg/kg) ja suurimmillaan 8,9 mg/kg. Toriumpitoisuus oli pienimmillään alle määritysrajan (0,05 mg/kg) ja suurimmillaan 22 mg/kg.

Maankuoren keskimääräinen uraanipitoisuus on 2,4–2,7 mg/kg. Graniiteissa arvioidaan olevan uraania 3–5 mg/kg ja gabroissa 0,5–1,0 mg/kg. Graniittien toriumpitoisuudet puolestaan ovat 10–20 mg/kg, kun taas gabroissa pitoisuus on 1–5 mg/kg. Maankuoren keskimääräinen toriumpitoisuus on 6–13 mg/kg (Lahermo 1996). Maankuoren keskimääräisiin pitoisuuksiin verrattuna testattujen sivukivinäytteiden uraani- ja toriumpitoisuudet olivat hieman koholla.

Punasuon sivukiville ja rikastushiekalle on tehty U- ja Th-aktiivisuuspitoisuuksien tarkastelu STUK:in ohjeistuksen (STUK 2021) mukaisesti. Tarkastelu on esitetty luvuissa 6.3.5 ja 6.5.6. Yhtiö on laatinut säteilylain 146 § mukaisen selvityksen Sotkamo kaivoksen ja tehdasalueen osalta 17.12.2024 ja täydentänyt sitä 14.1.2025 ja 27.3.2025. Säteilyturvallisuuskeskus STUK antoi ilmoituksen 3.4.2025 että toimitettu selvitys on riittävä säteilylain 146 §:n mukaiseksi selvitykseksi.

4.3 Luonto ja suojelukohteet

4.3.1 Kasvillisuus

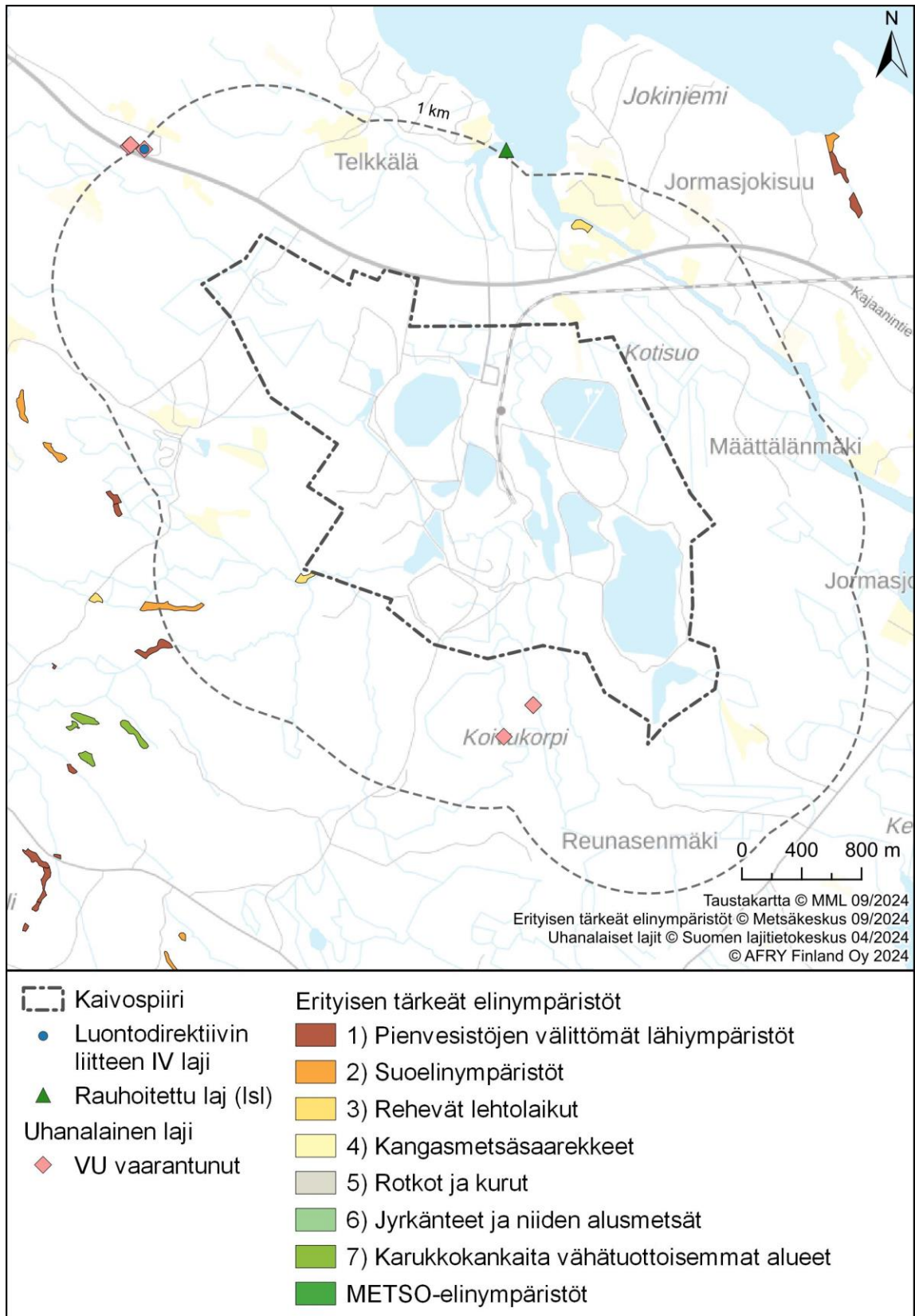
Tässä yhteydessä esitetyt tiedot perustuvat YVA-ohjelmassa (6.5.2024) esitettyihin tietoihin. Kartta- ja ilmakuvatarkastelun mukaan hankealueella ja sen lähialueella on talouskäytössä olevia havumetsiä. Hankealueen lounaispuolella on pieniä peltoaloja (AFRY 2024).

Suomen ympäristökeskuksen avoimessa paikkatietoaineistossa ”serpentiinikalliot ja -kivikot” on esitetty Lahnaslammen kaivos mahdollisesti serpentiinivaikutteisena louhoksena. Serpentiiniluontotyyppit ovat luonnonsuojelulain 65 § mukaan tiukasti suojeltuja ilman erillistä suojelupäätöstä. Serpentiiniluontotyyppien esiintymistä selvitettiin kesällä 2024 osana kasvillisuus- ja luontotyyppiselvitystä, eikä luontotyyppiä tavattu alueelta.

Hankealueen eteläpuolella Unijoen varressa on Metsäkeskuksen kuviotiedoissa metsälain 10 § mukainen erityisen tärkeä elinympäristö, pienveden välitön lähiympäristö (Kuva 4-3).

Suomen Lajitietokeskuksen laji.fi-tietokannan (tietopyyntö käyttörajoitettuun aineistoon 9.4.2024) mukaan hankealueelta tai sen lähiympäristöstä ei ole havaintoja luontodirektiivin liitteen IV, luonnonsuojelulain mukaan rauhoitetuista, erityisesti suojeltavista, uhanalaisista tai silmälläpidettävistä (Hyvärinen ym. 2019) lajeista. Lähimmät havainnot ovat uhanalaisuudeltaan vaarantuneista (VU) jäkälälajeista

hentokesijäläkästä ja nukkamunuaisjäkälästä Koivukorvesta noin 300–500 metriä kaivospiirin eteläpuolelta.



Kuva 4-3. Metsälain 10 § mukaiset erityisen tärkeät elinympäristöt hankealueen ympäristössä Metsäkeskuksen kuviotietojen mukaan.

4.3.2 Eläimistö

Tässä yhteydessä esitetyt tiedot perustuvat kaivoksen YVA-ohjelmassa (6.5.2024) esitettyihin tietoihin.

Alueelta on hyvin niukasti tietoja linnustosta. Alueella tehtiin linnustoselvityksiä v. 2024 kolmena maastopäivänä. Kaivospiirin eteläosista tehtiin havainto hömötiaisesta sekä hiirihaukasta. Kaivospiirin välittömään läheisyyteen ei sijoitu linnustollisesti arvokkaita IBA-, FINIBA- tai MAALI-alueita.

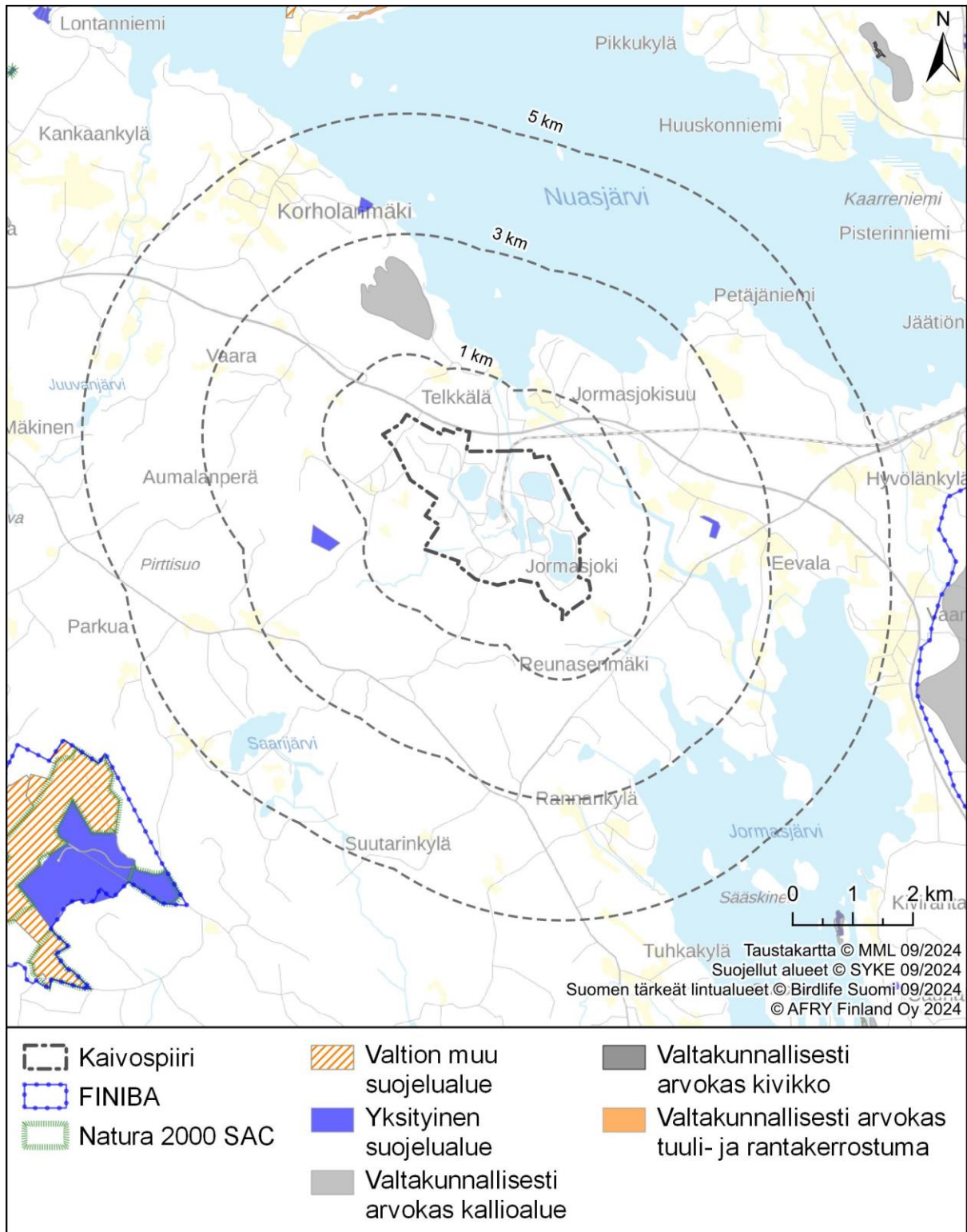
Luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeista lähiympäristön vesistöistä on havaittu runsaasti saukkoa. Alueella on laaja saukon elinpiiri ja yksilöitä liikkuu myös lähellä kaivoksen nykyisiä toimintoja sijaitsevilla virtavesiuomissa. Havaintoja on tehty majavasta Jormasjella ja liito-oravasta Kemppaalanmäellä hankealueen luoteispuolella. Liito-oravan ja viitasammakon osalta tehtiin erillisselvityksiä v. 2024, eikä kummastakaan lajista tehty havaintoja.

Muita nisäkäshavaintoja alueella ovat hirvi, metsäpeura ja metsäjänis. Suurpedoista havaintoja alkuvuoden 2024 aikana on tehty ilveksestä ja ahmasta. Kaivospiirin eteläosa kuuluu Laakajärven susireviiriin (Heikkinen ym. 2023).

4.3.3 Luonnonsuojelualueet

Hankealueella tai sen välittömässä lähiympäristössä ei ole Natura-alueita, luonnonsuojelualueita tai luonnonsuojeluohjelmiin kuuluvia kohteita. Lähimmät luonnonsuojelualueet ovat yli yhden kilometrin päässä sijaitseva yksityismaan luonnonsuojelualue Reettalan luonnonsuojelualue (YSA207643) ja noin kahden kilometrin etäisyydellä alueen itäpuolella sijaitseva Ritvanlehto (YSA250647).

Lähin Natura-alue on noin 6,4 kilometrin päässä hankealueen lounaispuolella sijaitseva Losonvaara (FI1201009). Noin 1,2 kilometrin etäisyydellä sijaitsee valtakunnallisesti arvokas kallioalue Paskonlouhi (KAO110069). Hankealueen ympäristön Natura-alueet, luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelmien kohteet, arvokkaat lintualueet ja valtakunnallisesti arvokkaat geologiset kohteet on esitetty kuvassa alla (Kuva 4-4).



Kuva 4-4. Natura- ja suojelualueet sekä muut luonnon arvoalueet hankealueen ympäristössä.

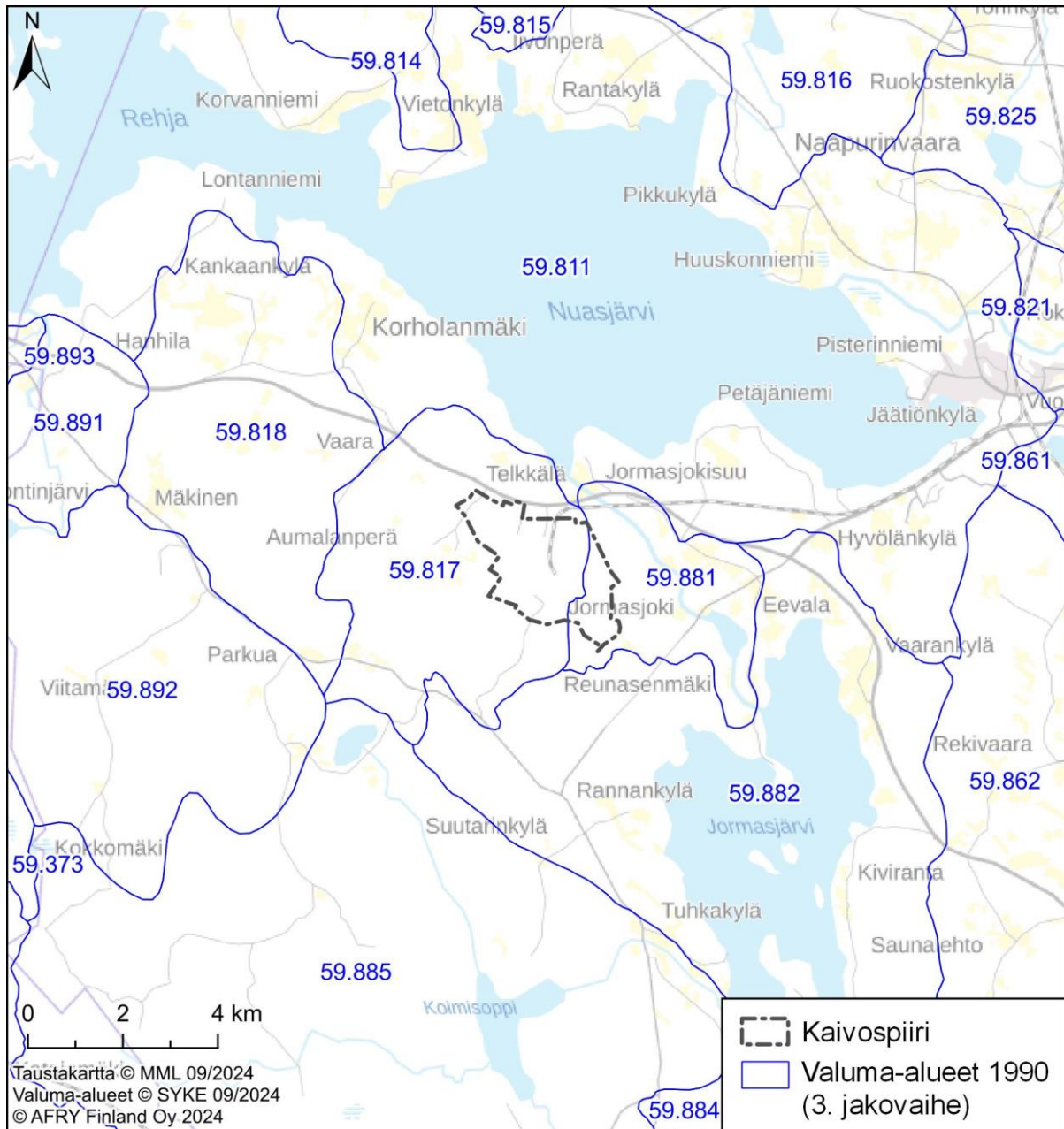
4.4 Vesistöt ja veden laatu

4.4.1 Vesistöalue

Kaivos- ja tehdasalue sijaitsee pääosin Lahnasjoen valuma-alueella (59.817), johon sisältyy kolme pienvaluma-aluetta: Juuanpuro, Pikarinpuro ja Unijoki. Lahnasjoen valuma-alueen laajuus on noin 25 km². Juuanpuron ja Pikarinpuron vedet virtaavat sivukivialueen pohjoispuolelta ja laskevat Lahnasjokeen tehtaan alapuolella. Unijoen vedet virtaavat kaivettua uomaa pitkin Unijoen altaan eteläpuolelta ja laskevat Lahnasjoen altaaseen. Lahnasjoki alkaa mainitusta altaasta ja laskee tehdasalueen läpi Nuasjärven Jormaslahteen. Lahnasjoen keskivirtaama on noin 0,4 m³/s. Nykytilassa kaivos- ja tehdasalueen purkuvedet johdetaan Lahnasjokeen.

Osa rikastushiekka-altaiden alueesta kuuluu Papinpuron valuma-alueeseen, jonka laajuus on noin 1,5 km². Papinpuro laskee kaivosalueen itäpuolitse virtaavaan Jormasjokeen, joka laskee edelleen Nuasjärven Jormaslahteen. Alue sijaitsee Jormasjoen valuma-alueella (59.881) (Kuva 4-5). Jormasjoen valuma-alueen kokonaispinta-ala on sen laskiessa Nuasjärveen noin 313 km².

Kaivosalueen pohjoispuolella sijaitsee Oulujoen vesistön Sotkamon reittiin kuuluva Nuasjärvi. Nuasjärvi sijaitsee Nuasjärven lähialueella (59.811). Nuasjärvi on Oulujärveen laskevan Sotkamon reitin alin järvi, jossa päävirtaus kulkee idästä länteen. Järven pinta-ala on noin 96 km² ja keskisyvyys 8,5 m. Järveä säännöstellään, säännöstelyvälin ollessa 2,3 m. Nuasjärven valuma-alueen pinta-ala on luusuasta mitattuna 7 475 km² ja luusuan keskivirtaama on 89 m³/s. (AFRY Finland Oy 2024)

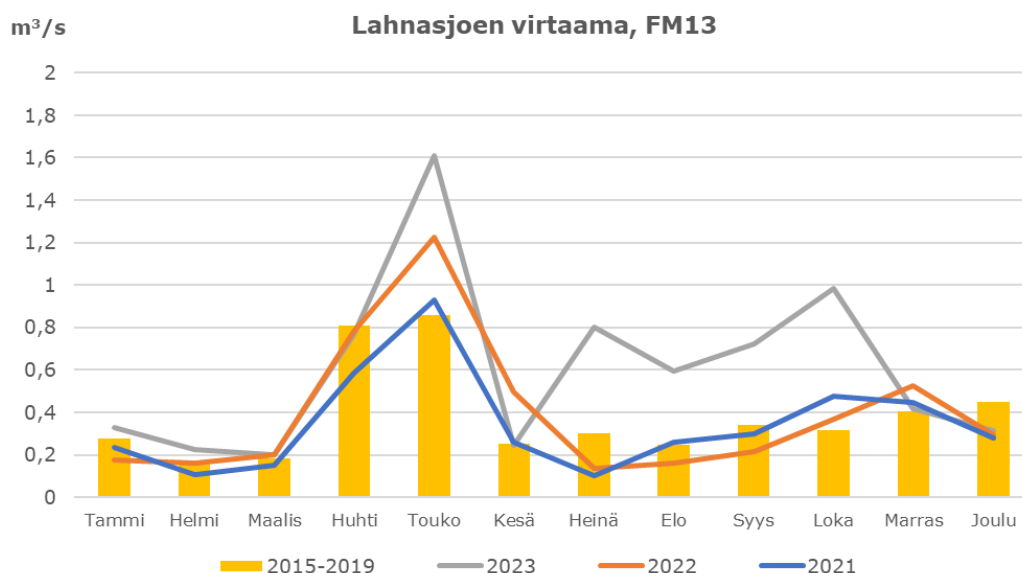


Kuva 4-5. Valuma-aluejako ja hankealueen sijainti.

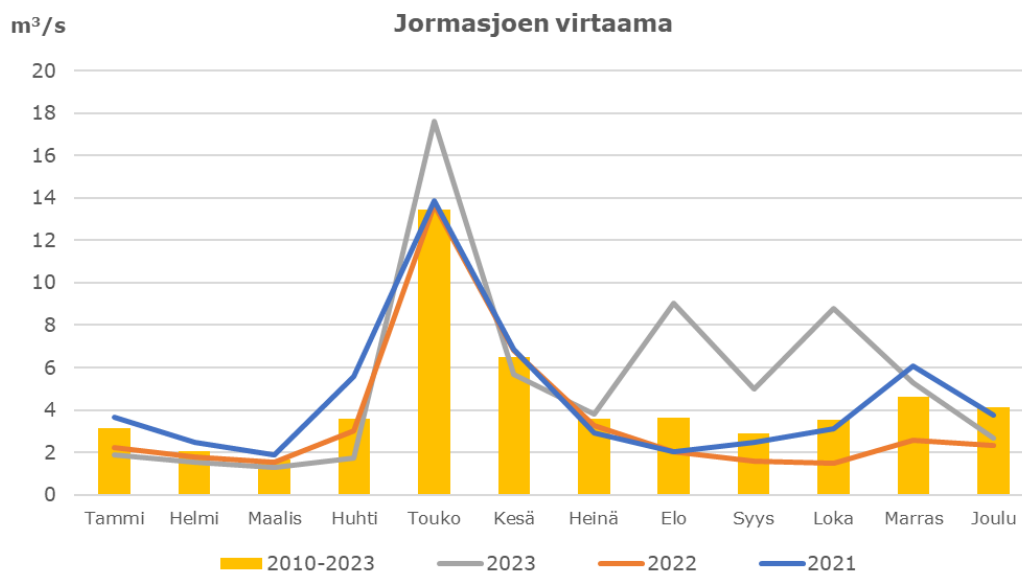
4.4.2 Virtaama

Lahnasjoen virtaamaa mitataan havaintopaikalla FM13 jatkuvatoimisella virtaamamittarilla. Vuosina 2021–2023 virtaama vaihteli Lahnasjoessa keskimäärin 0,3–0,6 m³/s. Kuvassa (Kuva 4-6) on esitetty virtaamavaihtelu kuukausitasolla vuosina 2021–2023 sekä keskimäärin vuosina 2015–2019. Vuodet 2015–2019 kuvastavat keskimääräistä virtaamaa juoksutusten ollessa tauolla. Juoksutusten ollessa tauolla virtaama oli selvästi voimakkainta kevätkuukausina huhti-toukokuussa. Tilanne oli varsin samankaltainen vuosina 2021 ja 2022. Vuonna 2023 heinä-lokakuussa virtaama oli suurempi kuin vuosina 2015–2019 keskimäärin.

Ympäristöhallinnon WSFS-Vemala-järjestelmän simuloima Jormasjoen virtaama alajuoksulla ennen sen laskua Nuasjärven Jormaslahteen on esitetty kuvassa Kuva 4-7. Vuosina 2021–2023 simuloitu keskivirtaama vaihteli Jormasjoessa 3,5–5,4 m³/s, ja vuosien 2010–2023 simuloitu keskivirtaama oli 4,4 m³/s.



Kuva 4-6. Lahnasjoen keskimääräinen virtaama havaintopaikalla FM13 eri kuukausina vuosina 2021–2023 sekä keskimäärin vuosina 2015–2019.



Kuva 4-7. Jormasjoen keskimääräinen WSFS-Vemala-järjestelmän simuloima virtaama eri kuukausina vuosina 2021–2023 sekä keskimäärin vuosina 2015–2019 (Suomen ympäristökeskus 2024).

4.4.3 Veden laatu

Nykytilassa kaivos- ja tehdasalueen purkuvedet johdetaan Lahnasjokeen. Vesien käsittely ja juoksutus aloitettiin kymmenen vuoden tauon jälkeen jaksottaisesti marraskuussa 2020, ja yhtäjaksoisesti vuodesta 2021 lähtien. Tauon aikana vedet johdettiin käytöstä poistuneeseen Lahnaslammen louhokseen.

Lahnasjoen yläpuolisen **Unijoen** (FM1a) vesi on kaivos- ja tehdasalueen yläpuolella peruslaadultaan ruskeaa tai erittäin ruskeaa ja keskimäärin runsashumuksista. Veden pH-taso vaihteli hapahkosta lievästi emäksiseksi, ja puskurikyky happamoitumista vastaan oli tyydyttävä tai hyvä. Veden sähkönjohtavuus vaihteli 4,1–6,1 mS/m ja sulfaattipitoisuus 5,2–12 mg/l ollen valuma-alueen luonne huomioiden luonnontasoa. Veden sähkönjohtavuudessa ja sulfaattipitoisuudessa ei ole todettavissa tarkastelujaksolla 2010–2023 muutosta.

Kokonaisnikkelin pitoisuudet olivat Unijoessa vuosina 2021–2023 melko pienet, ja nikkeli oli tutkittuina ajankohtina lähes kokonaan liukoisessa muodossa. Yksittäiselle näytteelle asetettu enimmäispitoisuuden laatu normi (MAC-EQS, 34 µg/l liukoista nikkeliä) ei ylittynyt vuosina 2021–2023, jos oletetaan, että nikkeli oli kokonaan liukoisessa muodossa. Vuonna 2023 biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvo oli Unijoessa 0,7 µg/l, mikä alitti biosaatavan nikkelin pitkänajan ympäristölaatu normin (AA-EQS, 5 µg/l). Arseenin pitoisuustaso oli matala jääden alle laboratorion määrittäysrajan.

Lahnasjoessa vedenlaatu heikkenee selvästi kaivos- ja tehdasalueen purkuvesien sekä alueelta tulevan hajakuormituksen seurauksena yläpuoliseen Unijokeen verrattuna. Vedenlaatu on heikoimmillaan purkupaikan alapuolisella havaintopaikalla FM13, ja keskimäärin vedenlaatu paranee lievästi Lahnasjoen jokisuulla (FM3, Jormaslahden sivulahti). Purkuvedet nostavat voimakkaasti etenkin veden sähkönjohtavuutta ja sulfaattipitoisuutta. Juoksutusten aloitus vuonna 2021 näkyi sähkönjohtavuuden ja sulfaattipitoisuuksien nousuna edellisvuosiin verrattuna. Sulfaatti on ehdotettu lisättäväksi vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun Valtioneuvoston asetuksen (1022/2006) liitteeseen 1D. Ehdotus AA-EQS-arvoksi sisävesille on 39 mg/l liukoisena pitoisuutena ja MAC-EQS-arvoksi sisävesille 279 mg/l liukoisena pitoisuutena (Mehtonen ym. 2023). Verrattuna ehdotettuihin ympäristölaatu normeihin sulfaattipitoisuudet ovat nykytilanteessa Lahnasjoessa erittäin korkeat.

Happitilanteeseen kuormituksella ei ole oleellista vaikutusta. Lahnasjoen happitilanne vaihteli vuosina 2021–2023 hyvästä erinomaiseen. Kaivos- ja tehdasalueen purkuvesillä ja alueelta tulevalle hajakuormituksella on Lahnasjoen veden pH-tasoa kohottava vaikutus. Veden pH vaihteli Lahnasjoessa lievästi happamasta lievästi emäksiseksi. Joulukuussa 2023 veden pH oli selvemmin emäksinen. Kaivos- ja tehdasalueelta ei kohdistu Lahnasjokeen merkittävää ravinnekuormitusta. Vuosina 2021–2023 Unijoen kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin jopa suurempi kuin Lahnasjoessa havaintopaikalla FM13 Kokonaistyyppipitoisuus oli keskimäärin lievästi suurempi Lahnasjoessa Unijokeen verrattuna.

Purkuvedet nostavat myös Lahnasjoen nikkeli- ja arseenipitoisuutta. Juoksutusten aloitus vuonna 2021 näkyi selvästi nikkelin ja arseenin pitoisuuksissa. Kokonaisnikkelin pitoisuudet olivat Lahnasjoessa (FM13) vuosina 2021–2022 selvästi luonnontasoa suuremmat ja vaihtelivat 16–100 µg/l. Nikkeli oli tutkittuina ajankohtina lähes kokonaan liukoisessa muodossa. Yksittäiselle näytteelle asetettu enimmäispitoisuuden laatu normi (MAC-EQS, 34 µg/l liukoista nikkeliä) ylittyi useamman kerran, jos nikkelin oletetaan olevan kokonaan liukoisessa muodossa. Nikkelin ja arseenin pitoisuudet olivat vuonna 2023 kuormituksen vähentymisen myötä Lahnasjoessa vuosina 2021–2022 pienemmät. Kokonaisnikkelin pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2023 11–31 µg/l ja liukoisen nikkelin pitoisuudet 8–28 µg/l. Liukoiselle nikkelille asetettu enimmäispitoisuuden laatu normi (MAC-EQS, 34 µg/l liukoista nikkeliä) ei siten ylittynyt yhdelläkään havaintokerralla. Biosaatavan nikkelin pitoisuudet vaihtelivat 1,7–5,6 µg/l ja niiden keskiarvo oli vuonna 2023 2,6 µg/l. Biosaatavan nikkelin keskiarvo alitti siten nikkelin pitkänajan ympäristölaatu normin (AA-EQS, 5 µg/l). Arseenin pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2023 0,7–4,5 µg/l.

Osa rikastushiekka-altaiden alueesta kuuluu **Papinpuron** valuma-alueeseen. Papinpuro laskee kaivosalueen itäpuolitse virtaavaan Jormasjokeen. Papinpuron virtaama on pieni suhteessa Jormasjoen virtaamaan, eikä sillä ole merkittävää vaikutusta Jormasjoen veden laatuun.

Papinpuroon ei johdeta vesiä kaivos- ja tehdasalueelta, mutta puroon pääsee suotautumaan kuormittuneita vesiä. Kuormituksen vaikutukset näkyvät Papinpurossa sähkönjohtavuuden ja sulfaattipitoisuuden nousuna. Papinpuron valuma-alueella on tehty hajakuormituksen vähentämiseen tähtääviä toimenpiteitä, joista merkittävimpänä Soidinsuon altaan kaakkoisnurkan suotovesien pumppaaminen takaisin alaille. Veden sähkönjohtavuudessa ja sulfaattipitoisuudessa ei ole toimenpiteistä huolimatta todettavissa selvää muutosta vuosina 2010–2023. Vuosina 2021–2023 veden sähkönjohtavuus oli keskimäärin 90 mS/m ja sulfaattipitoisuus 436 mg/l. Sulfaatille ehdotettuihin ympäristölaatu normeihin (AA-EQS, MAC-EQS) verrattuna sulfaattipitoisuudet ovat nykytilanteessa Papinpurossa korkeat.

Kuormituksen vaikutukset näkyvät Papinpurossa myös nikkeli pitoisuuden nousuna. Kokonaisnikkelin pitoisuudet vaihtelivat vuosina 2021–2023 23–43 µg/l ja liukoisen nikkelin pitoisuudet tutkittuina ajankohtina 17,9–40 µg/l. Sekä vuonna 2021 että 2022 todettiin liukoiselle nikkelille asetetun hetkellisen maksimipitoisuuden ympäristölaatu normin (MAC-EQS, 34 µg/l) ylitys. Vuonna 2023 liukoisen nikkelin pitoisuus alitti hetkellisen ympäristölaatu normin kaikkina tutkittuina ajankohtina. Myös biosaatavan nikkelin keskiarvo alitti vuonna 2023 nikkelin pitkänajan ympäristölaatu normin (AA-EQS, 5 µg/l). Papinpuron arseenipitoisuudet olivat vuosina 2021–2023 pieniä ja vaihtelivat 0,25–2,3 µg/l.

Jormasjoen tarkkailupiste FM8 sijaitsee maantiesillan kohdalla noin 0,5 km ennen joen laskua Nuasjärven Jormaslahteen ja noin 1,6 km Papinpuron suun alapuolella. Vuodesta 2010 lähtien myös Terrafame Oy:n (ent. Talvivaaran) kaivokselta vesistöön johdettuja vesiä on virrannut kyseisen pisteen kautta Nuasjärveen.

Jormasjoen vesi on peruslaadultaan keskimäärin lievästi sameaa, lievästi ruskeaa ja kiintoainetta on niukasti. Sekä sähkönjohtavuudessa että sulfaattipitoisuudessa todettiin vuoteen 2015 saakka nouseva suuntaus, jonka jälkeen pitoisuustasossa on todettavissa selvä lasku. Jormasjoen liukoisen arseenin pitoisuudet ($<0,50 \mu\text{g/l}$) olivat vuosina 2021–2023 pieniä. Liukoisen nikkelin pitoisuudet ($3,8\text{--}11 \mu\text{g/l}$) olivat niin ikään pienet ja alittivat liukoiselle nikkelille asetetun ympäristölaatunormin (MAC-EQS) enimmäispitoisuustason. Terrafame Oy:n velvoitetarkkailuun liittyen Jormasjoesta on määritetty myös muita metallipitoisuuksia. Kadmiumin ja lyijyn ympäristölaatunormit (AA-EQS, MAC-EQS) sekä kuparille ja sinkille ehdotetut ympäristölaatunormit (AA-EQS) eivät Jormasjoessa ylittyneet vuosina 2021–2023.

Nuasjärvi on pitkään ollut purkuvesistönä Elementisin Sotkamon kaivos- ja tehdasalueen kuormitukselle, ja vuodesta 2010 lähtien se on kuulunut myös Terrafame Oy:n kaivoksen jätevesien vaikutusalueeseen. Terrafame Oy:n jätevesien purkuputki Nuasjärveen on otettu käyttöön marraskuussa 2015.

Nuasjärven vesi on peruslaadultaan kirkasta tai vain lievästi sameaa, lievästi ruskeaa ja runsashumuksista. Veden pH-taso vaihteli vuosina 2021–2023 lievästi happamasta neutraaliin. Ekologisen luokituksen luokkarajoihin (Aroviita ym. 2019) verrattuna Nuasjärven (FM12) kokonaisfosforipitoisuudet viittasivat vuosina 2021–2023 erinomaiseen tai hyvään tilaan ja kokonaistyyppipitoisuudet erinomaiseen tilaan. Kokonaisravinnepitoisuudet vaihtelivat karujen ja lievästi rehevien vesien tasolla. Klorofylli a -pitoisuuksissa todettiin voimakkaampaa vaihtelua. Pienimmillään klorofylli a -pitoisuus oli karujen vesien tasoa ja enimmillään se indikoi rehevyyttä.

Kaivosvesien vaikutusta kuvaavat sähkönjohtavuusarvot sekä sulfaattipitoisuudet olivat pintavedessä lähes poikkeuksetta vuosina 2021–2023 matalat, eikä pitoisuustasossa ole todettavissa Elementisin juoksutuksen aloittamisen jälkeen muutosta. Pohjan lähellä on todettavissa juoksutusten aloittamisen jälkeen aiempaa suurempia sähkönjohtavuuksia ja sulfaattipitoisuuksia. Muihin Nuasjärven syvänteisiin verrattuna pitoisuustaso on ollut Jormaslahden edustan syvänteellä (FM12) pohjan lähellä suurin. Sulfaatin osalta maksimipitoisuudet ylittivät pohjan lähellä sulfaatille ehdotetun maksimipitoisuuden (MAC-EQS, 279 mg/l). Myös sulfaatille ehdotettu pitkänajan ympäristölaatunormi (AA-EQS, 39 mg/l) ylittyi vuosina 2022–2023.

Liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat vuosina 2021–2023 Jormaslahden edustan syvänteellä matalat. Pohjan lähellä on todettavissa nikkelpitoisuudessa kuitenkin nousua. Liukoisen nikkelin pitoisuudet alittivat liukoiselle nikkelille asetetun hetkellisen maksimipitoisuuden ympäristölaatunormin (MAC-EQS, $34 \mu\text{g/l}$). Biosaatavan nikkelin keskimääräinen pitoisuus oli vuonna 2023 pintavedessä $0,17 \mu\text{g/l}$, välivedessä $0,18 \mu\text{g/l}$ ja pohjan lähellä $0,6 \mu\text{g/l}$. Biosaatavan nikkelin keskiarvot alittivat siten nikkelin pitkänajan ympäristölaatunormin (AA-EQS, $5 \mu\text{g/l}$). Arseenipitoisuudet olivat koko vesipatsaassa vuosina 2021–2023 pienet.

4.4.4 Ekologinen tila

Kaivosalueen vesien nykyisellä purkureitillä lähin luokiteltu pintavesimuodostuma on Rehja-Nuasjärven vesimuodostuma, joka on pintavesityypiltään suuri humusjärvi (Sh). Kaivosalueen itäpuolitse virtaava Jormasjoki on tyypitelty keskisuureksi turvemaiden joeksi (Kt). Rehja-Nuasjärven vesimuodostuman ekologinen tila on määritelty vesienhoidon kolmannella luokittelukaudella hyväksi. Biologisista luokittelumuuttujista kasviplanktonin, pohjaeläimistön ja kalaston tila on hyvä. Fysikaalis-kemiallisten muuttujien tila on sekä fosforin että typen osalta erinomainen. (SYKE 2024b)

Myös Jormasjoen ekologinen tila on määritelty hyväksi. Päälylslevästön tila on hyvä, pohjaeläinten erinomainen ja kalaston tyydyttävä. Fysikaalis-kemiallisten muuttujien tila on erinomainen. (SYKE 2024b)

Rehja-Nuasjärven ja Jormasjoen vesimuodostumien kemiallinen tila on määritelty vesienhoidon kolmannella luokittelukierroksella hyvää huonommaksi. Aiemmin palonestoaineina käytettyjen bromattujen difenyylietterien (PBDEt) pitoisuudet ylittävät ympäristölaatu normin tason kaikkialla Suomessa ja Euroopassa, sillä yhdisteet ovat kaukokulkeutuvia ja erittäin hitaasti hajoavia (SYKE 2020). Jormasjoessa lisäksi elohopea ylittyy kalassa kaukokulkeumariskin ja luonnonolosuhteiden perusteella. (SYKE 2024b)

4.4.5 Kalasto

Sähkökoekalastuksia Lahnasjoessa on tehty viimeksi vuosina 2020 ja 2022. Ylemmältä koealalta ei vuonna 2020 saatu lainkaan saalista. Alemmalta koealalta saatiin kaksi ahventa sekä yksi kivisimppu. Viimeisimmissä, vuoden 2022 koekalastuksissa tulokset olivat hyvin samankaltaisia. Ylemmältä koealalta tavattiin vain särkeä ja alemmalta koealalta kivisimppua ja ahventa. Lahnasjoen kalasto on ollut koko tarkkailuhistorian ajan varsin niukka, ja joinakin vuosina kaloja ei ole saatu ollenkaan. Vuosina 2002 ja 2013 joesta on saatu yksittäisiä harjuksen poikasia ja niin ikään satunnaisesti on tavattu myös taimenen poikasia.

Jormasjoki on merkittävä virkistyskalastusalue. Kalastus on lähinnä vapakalastusta ja Jormasjoella kalastaa vuosittain noin 260–280 kalastajaa. Vuosittainen kokonaissaalis on noin 800–1 000 kg (n. 3–4 kg/kalastaja/vuosi), josta kirjolohen osuus on 60–70 %. Jormasjoesta kalastetaan myös haukea, harjusta, ahventa, kuhaa, särkeä ja siikaa. Joen harjuskanta on todennäköisesti osittain luontaisesti lisääntyvä. Jormasjoelle on laadittu kalataloudellinen kunnostussuunnitelma, johon liittyviä toimenpiteitä aloitettiin elokuussa 2024 (Dnro PSAVI/2262/2021).

Kalojen metallipitoisuuden tarkkailussa Nuasjärven Jormaslahdelta ja yläpuoliselta vertailualueelta (Kiimanen) pyydettiin kuhia, haukia, muikkuja ja ahvenia. Kalojen arseeni- ja nikkelpitoisuudet olivat vuonna 2021 pieniä, eivätkä ne heikentäneet kalojen käyttökelpoisuutta. Nikkelin osalta pitoisuudet jäivät Jormaslahdella lähes poikkeuksetta alle määritystarkkuuden (<0,05 mg/kg tp). Vain yhdessä muikkunäytteessä todettiin määritysrajan ylittävä, mutta pieni pitoisuus. Vertailualueellakin nikkelin pitoisuudet olivat pääasiassa alle määritystarkkuuden. Muikun osalta kahdessa ja ahvenen osalta yhdessä näytteessä todettiin määritysrajan ylittävä pieni pitoisuus. Nikkelin tavoin myös arseenin pitoisuudet olivat pieniä. Suurin yksittäinen pitoisuus mitattiin vertailualueen

muikkunäytteessä. Kuormituksen vaikutusta kalojen metallipitoisuuksiin ei ole tuloksista havaittavissa. Metallipitoisuudet ovat olleet 2000-luvulla Jormaslahdella kaikilla kalalajeilla keskimäärin samaa tasoa kuin vertailualueella. (AFRY Finland Oy 2022).

4.4.6 Pohjaeläimistö

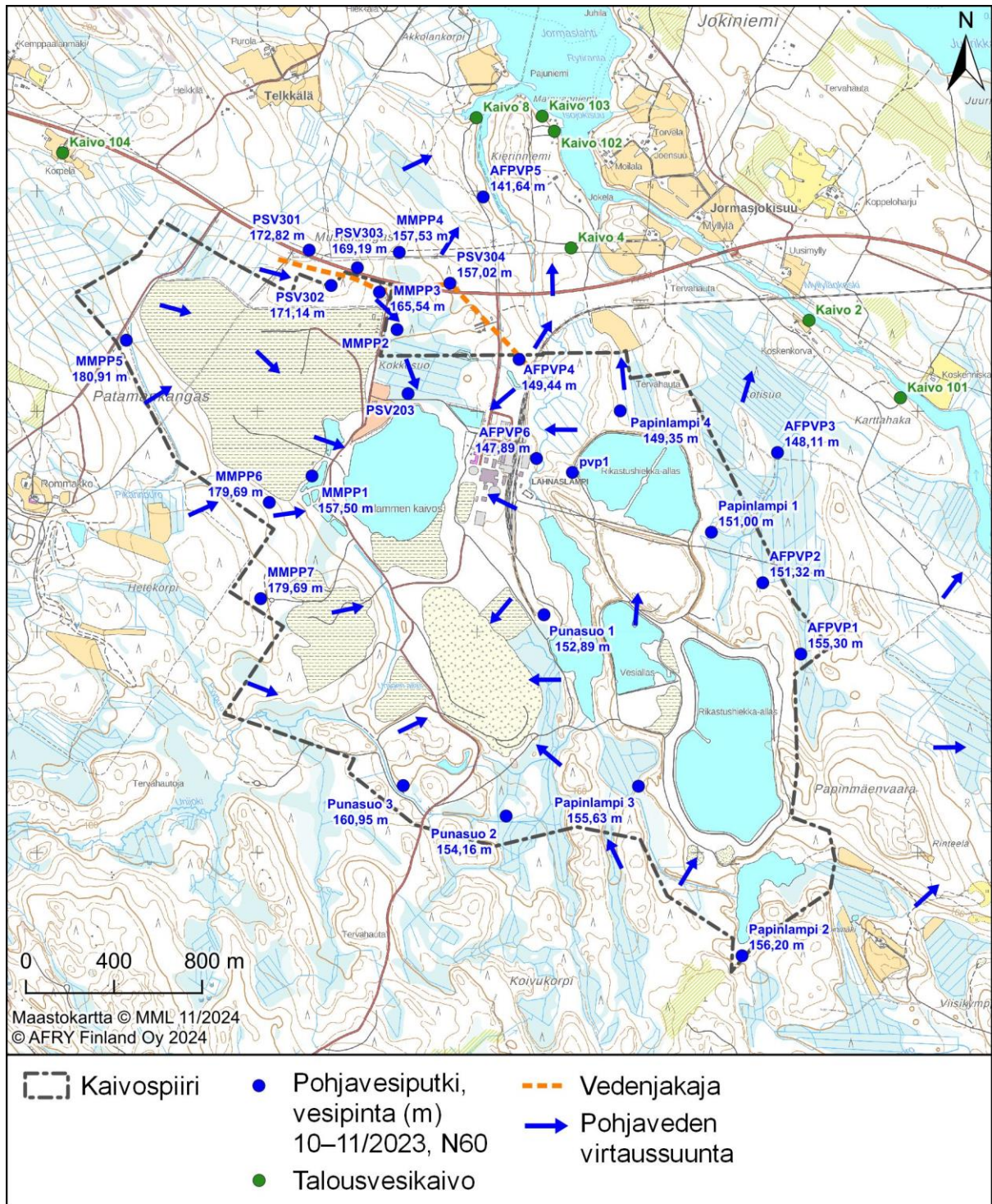
Pohjaeläimistön tarkkailua on tehty Lahnasjoessa viimeksi vuosina 2019 ja 2022 ja Nuasjärven Jormaslahdessa vuosina 2019 ja 2016. Ekologisessa tilaluokittelussa käytettyjen pohjaeläinmittarin perusteella Lahnasjoki oli erinomaisessa ekologisessa tilassa vuonna 2022. Lahnasjoen nikkeli- ja sulfaattipitoisuudet ovat olleet vesistötarkkailuraportin mukaan koholla, sen jälkeen kun juoksutukset käynnistyivät tauon jälkeen vuonna 2021. Kohonneet pitoisuudet eivät kuitenkaan ole heikentäneet pohjaeläinyhteisöjen laskennallista ekologista tilaa (AFRY Finland Oy 2020a, 2023) Ympäristöhallinto ei ole määritellyt Lahnasjoen pohjaeläimistön ekologista tilaa (SYKE 2024).

Vuonna 2019 toteutetun tarkkailun perusteella Nuasjärven Jormaslahden edustan syvännepohjaeläimistön ekologinen tila vaihteli laskettujen indeksien perusteella tyydyttävästä erinomaiseen. Syvännepohjaeläimistön tilan arvioitiin heikentyneen vuodesta 2016 vuoteen 2019, mikä voi johtua Terrafamen johtamista puhdistetuista jätevesistä (AFRY Finland 2020b). Nuasjärvellä vuonna 2020 toteutetun syvännepohjaeläintutkimuksen mukaisesti (Kainuun ELY-keskus 2022) puhtaasti kaivostoiminnan vaikutusten erottelu muusta kuormituksesta on todettu vaikeaksi. Jormasjoen pohjaeläimistöä on seurattu vuodesta 2013 asti osana Terrafamen tarkkailua (Eurofins Ahma 2022). ASPT-indeksillä mitattuna Jormasjoen pohjaeläinyhteisö on kärsinyt viime vuosina hieman orgaanisesta kuormituksesta, mutta ASPT:n arvo on pysynyt melko samalla tasolla vuodesta toiseen. Ekologisten mittareiden perusteella Jormasjoen tila oli erinomainen vuonna 2021.

4.5 Pohjavesiolosuhteet

4.5.1 Pohjavesialueet ja talouskaivot

Alueen pohjavesiolosuhteita on kuvattu Elementisin kaivannaisjätteiden ja vesienhallinnan YVA-ohjelmassa (Afray Finland 2024), josta tähän on poimittu keskeiset tiedot. Kaivospiirin alueella tai sen läheisyydessä ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. Läheisyydessä on joitakin talousvesikaivoja, joista muutama on ollut seurannassa. Pohjavesiputkien ja talousvesikaivojen sijainnit on esitetty kuvassa 4-8.



Kuva 4-8. Pohjavesiputket ja talousvesikaivot sekä pohjaveden yleispiirteinen virtauskuva.

4.5.2 Vedenjohtavuus ja pohjaveden virtaussuunnat

Lahnaslammen kaivoksen alueen hydrologisista virtausolosuhteista on tehty mallinnus v. 2012 (Pöyry Finland Oy). Mallinnus on tehty kaivostoimintaa edeltävässä tilanteessa, mallinnushetkellä (2012) ja vuoden 2020 tilanteelle. Tavoitteena oli selvittää mallinnukseen perustuen mahdollinen haitta-aineiden kulkeutuminen suljetusta Lahnaslammen louhoksesta alapuoliseen vesistöön. Vuonna 2024 tehtiin Punasuon louhoksesta pohjavesimallinnus (AFRY Finland Oy 2024b), jossa mallinnettiin nykytilanne (vuosi 2024) ja simuloitiin vuoden 2035 pohjavesiolosuhteita sekä vuoden 2035 mukaisen louhoksen sulkemisen jälkeistä tilannetta. Pohjavesimallinnus on esitetty sulkemissuunnitelman (liite 3) liitteenä.

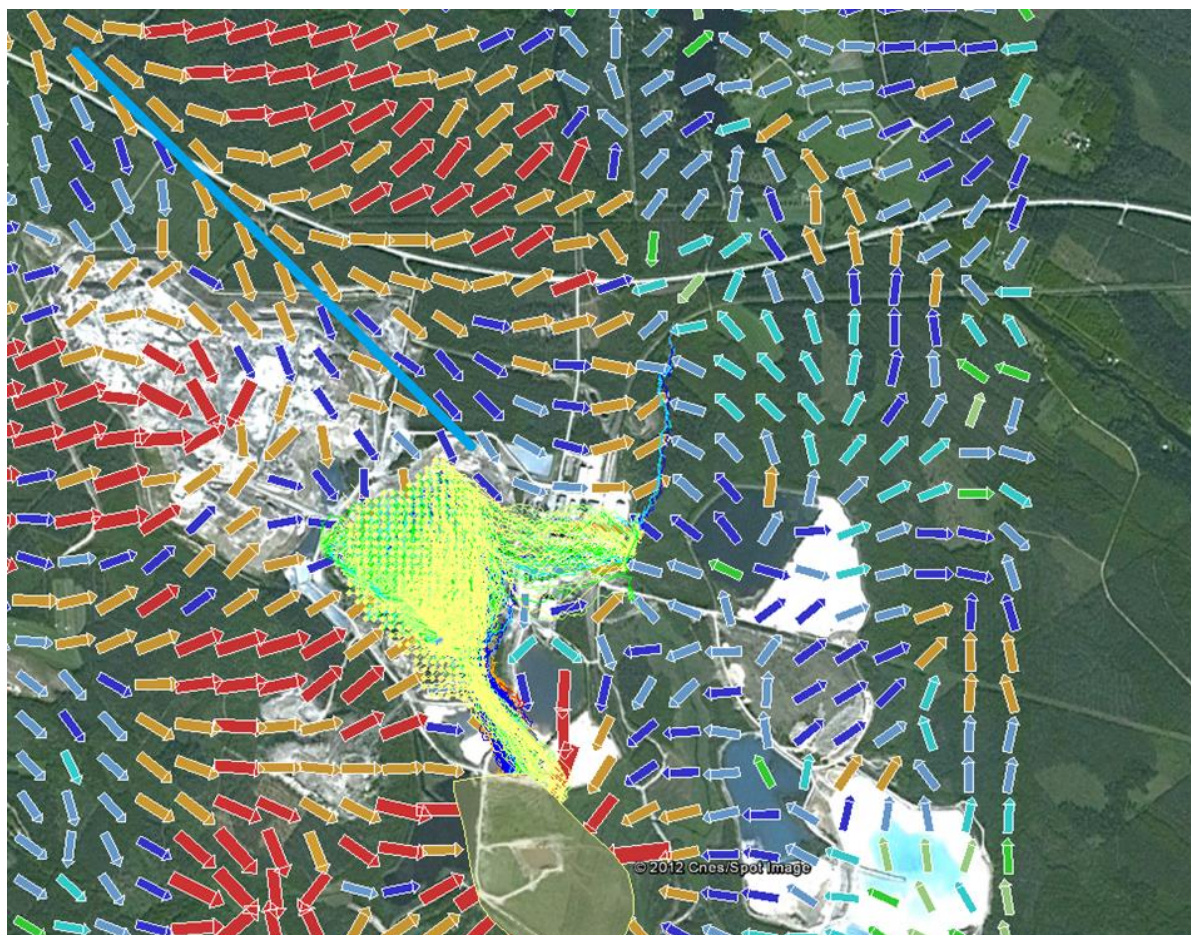
Alueen maaperä on pääosin moreenia. Tutkittujen (Saarelainen ja Räisänen 2001) moreeninäytteiden vedenläpäisevyys oli $1,42 \times 10^{-7}$ m/s ja $3,22 \times 10^{-8}$ m/s. Paremmiin vettä johtava ensimmäinen näyte edustaa alueen pintaosan moreenia ja toinen, huonommin vettä johtava moreeni alueen hienojakoista, yleensä muutaman metrin syvyydessä olevaa moreenia. Punasuon ja Lahnaslammen louhosalueella on tehty maaperän vedenjohtavuuden määrittämiseksi slug-testejä maaperän pohjavesiputkissa (Pöyry Finland Oy 2012). Testien pohjavesiputket valittiin eri puolilta kaivospiirin aluetta. Mittauksissa maaperän vedenjohtavuus vaihteli välillä $1,20 \times 10^{-6}$ – $3,40 \times 10^{-5}$ m/s.

Kalliopohjaveden virtaus tapahtuu rakoilua ja ruhjevyöhykkeitä pitkin, joten virtausreitit ovat maaperän virtauksiin nähden monimutkaisemmat. Niissä kuitenkin pätee sama lähtökohta kuin maaperän virtauksissakin eli virtaus tapahtuu korkeammasta potentiaalista matalampaan, joten pääosin virtaukset tapahtuvat topografian mukaisesti. Lahnaslammen louhoksen vuoden 2012 pohjaveden virtausmallinnuksessa (Pöyry Finland Oy 2012) vedenjohtavuuden lähtöarvoina käytettiin 3×10^{-7} m/s syvyydsvälille 0–50 m, 1×10^{-7} m/s syvyydsvälille 50–100 m, rikkonaiselle kohdetilavuuden kalliolle (mustaliuske) 2×10^{-8} m/s ja ruhjeille yhteensä 3×10^{-7} m/s. Ehyen kallion vedenjohtavuutena 100 m alapuolella käytettiin arvoa 1×10^{-9} m/s. Vuoden 2024 Punasuon louhoksen pohjavesimallinnuksessa käytetyt kallioperän vedenjohtavuuden arvot on esitetty taulukossa 4-1. Arvot perustuvat mallin kalibrointiin, joka tehtiin Punasuon ja Lahnaslammen louhosten kuivatusvesimäärien ja alueella 2024 mitattujen pohjavesipintojen perusteella.

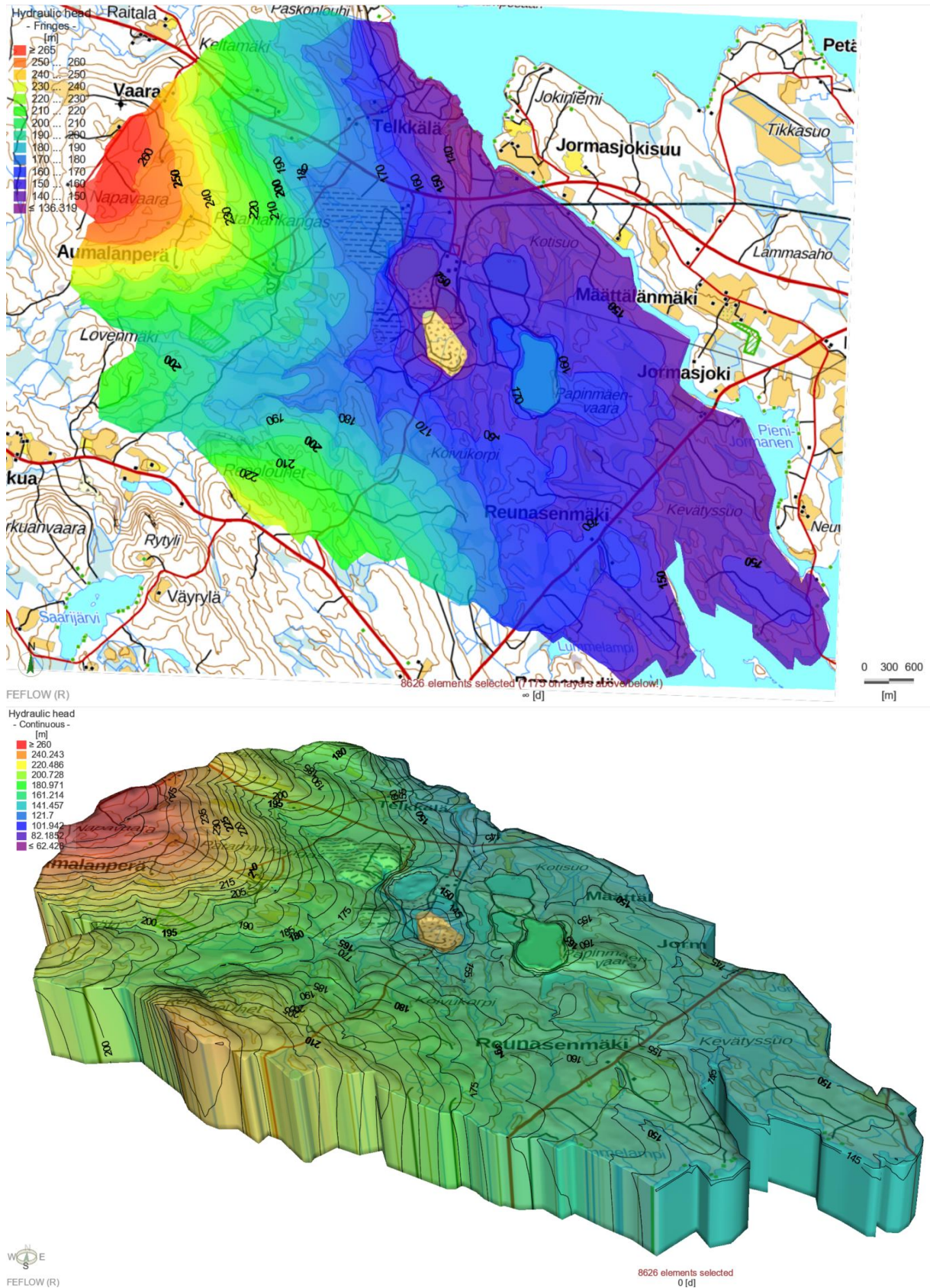
Taulukko 4-1. Pohjavesimallin kalliokerroksissa käytetyt hydraulisen johtavuuden arvot.

Syvyys kallion pinnasta (m), z noin (m mpy)	Kallio Kxyz, m/s
0– 10 m, +150...+140	1×10^{-6}
10– 20 m, +140...+130	5×10^{-7}
20– 35 m, +130...+115	2×10^{-7}
35– 50 m, +115...+100	$1,325 \times 10^{-7}$
50–100 m, +100...+45	1×10^{-7}
100–150 m, +45...0	$2,5 \times 10^{-8}$
150–225 m, -0...-75	$1,25 \times 10^{-8}$
225–275 m, -75...-125	$2,5 \times 10^{-9}$

Pohjaveden virtaussuunta on sivukivialueella ja sen eteläpuolella itäkaakkoon ja sivukivialueen pohjoispuolella koilliseen eli alueella on vedenjakaja. Pohjoisen rikastushiekka-altaan kohdalla pohjaveden virtaussuunta on pohjoiseen-koilliseen. Kaivospiirin eteläosalla virtaussuunnissa on enemmän topografian mukaista vaihtelua. Lisäksi on merkittävää, että kaivospiirin alueella pohjavesiolo-suhteet ovat muuttuneet louhinnan, vedenhallinnan ja muun rakentamisen takia. Lahnaslammen louhos on täytetty vedellä (pinta on noin tasolla +149 m mpy) ja kuivana pidettävän Punasuon avolouhoksen pohja on noin tasolla +65 mpy. Punasuon louhoksen lähialueella pohjaveden virtaus (maa- ja kalliopohjavesi) on louhoksen suuntaan. Vuoden 2012 pohjavesimalliin perustuva pohjaveden yleispiirteinen virtauskuva Lahnaslammen kaivoksen alueelta vuodelle 2020 on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 4-9). Virtauskuvan laadinnassa on hyödynnetty vanhoja tutkimustietoja, pohjaveden tarkkailutietoja ja uusien putkien vesipintatietoja (AFPVP1-AFPV6) sekä pintaveden korkeuksia. Vuoden 2024 Punasuon louhoksen pohjavesimallin laskemat pohjavesipinnan korkeudet vuoden 2024 tilanteelle on esitetty kuvassa 4-10.



Kuva 4-9. Mallilla lasketut pohjaveden virtausreitit ja virtaussuunnat 2020-luvun tilanteessa. Kuvaan on merkitty myös luode-kaakko-suuntainen pohjavedenjakaja (Pöyry Finland Oy 2012).



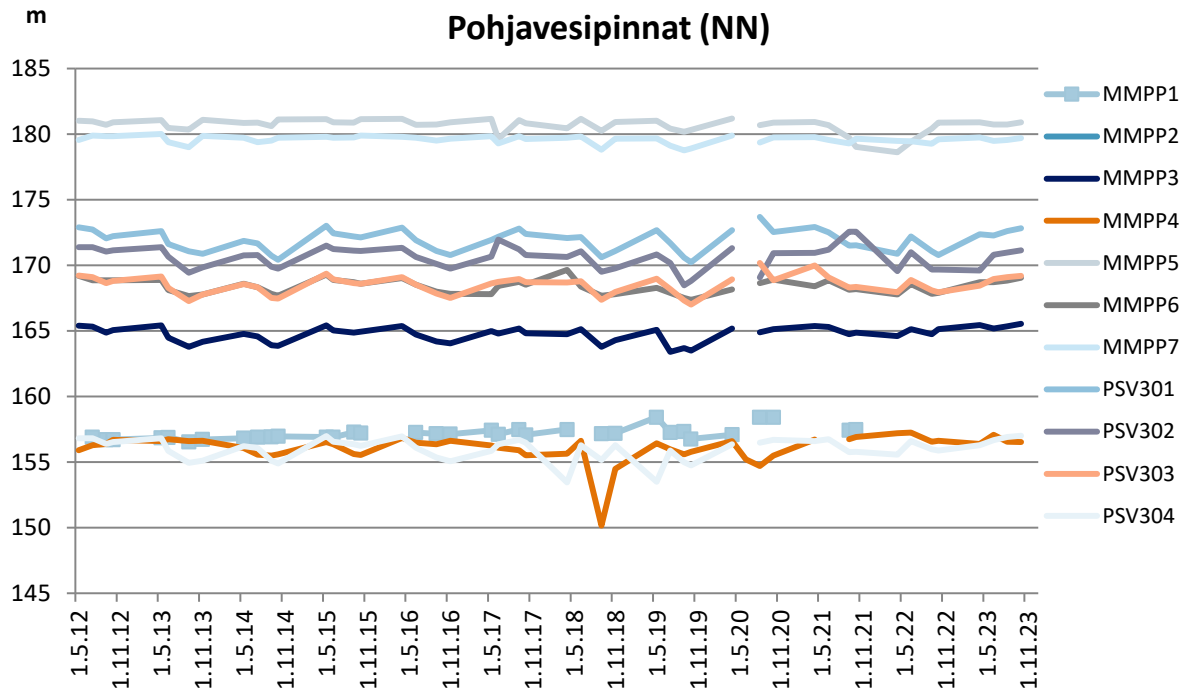
Kuva 4-10. Vuoden 2024 pohjavesimallin laskema pohjavesipinnan korkeus vuonna 2024.

Vuoden 2012 mallilla laskettiin myös arvio siitä, kuinka paljon Lahnaslammen täytettävän louhoksen kautta virtaa vettä kalliopohjavetenä, maakerrosten kautta ja pintavaluntana. Tulosten mukaan 2020-luvun tilanteessa Punasuon louhos lisää jonkin verran kalliopohjavesien virtausta Lahnaslammen täytettävän louhoksen läpi ja selvästi enemmän maakerrosten (syvyysväli 0.5–10 m) virtausmääriä. Pintavalunnan osuus on kuitenkin sekä 1960-luvun tilanteessa että 2020-luvun tilanteessa ylivoimaisesti suurin vesitaseen komponentti. Pinta- ja kalliopohjavesien vedenjakaja Lahnaslammen louhoksen pohjoispuolella säilyy 2020-luvun tilanteessa lähes samalla paikalla kuin 1960-tilanteessa. 2020-luvun tilanteessa Punasuon avolouhos voimistaa kalliopohjavesien virtausta etelän suuntaan 1960-luvun tilanteeseen verrattuna. Tämä ilmenee siten, että 45 % virtausreiteistä päättyy Punasuon louhokseen. Lähempänä pintaa liikkeelle lähtevistä virtausreiteistä suuri osa päättyy joko maanpintaan tai Lahnasjoen laaksoon. Kalliopohjavedet eivät pääse virtaamaan täytettävältä louhokselta pohjoisen suuntaan vaan kaikki virtausreitit suuntautuvat joko etelään tai itään. (Pöyry Finland Oy 2012)

Vuoden 2024 mallissa vuoden 2024 Punasuon louhoksen simuloinnin tulosten perusteella pohjavettä suotautuu louhokseen noin 1810 m³/vrk, ja kuivatusvesimäärä on noin 1990 m³/vrk, kun sadannan mukana avolouhoksen kautta kaivokseen tuleva vesi lasketaan mukaan ja haihdunnan louhoksen kohdalla oletetaan olevan 50 % sadannasta. Punasuon louhoksen mitatut kuivatusvesimäärät vuosina 2021–2022–2023 ovat olleet 1980–2180–2040 m³/vrk.

4.5.3 Pohjaveden pinnankorkeus

Sivukivialueen ympäristön pohjavesipinnoissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. Pohjaveden pinnankorkeuserot ovat alueella suuria (Kuva 4-11), mikä johtuu alueen geologisista ja morfologisista tekijöistä.

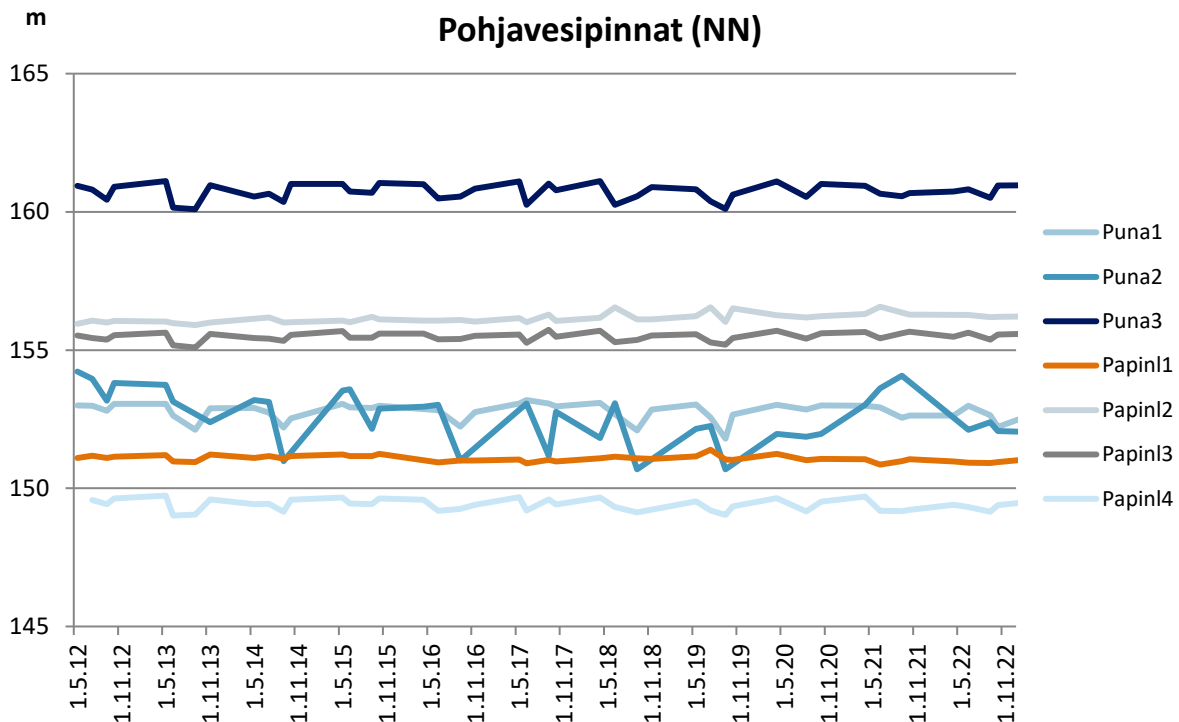


Kuva 4-11. Pohjaveden pinnankorkeus m (NN) sivukivialueen ympäristössä vuosina 2012-2023.

Punasuon louhosalueen ja kaivannaisjätealueiden ympäristön pohjavesiputkia tarkkailtiin ensimmäisen kerran vuonna 2009. Pohjavesipinnan korkeudet vuosilta 2012–2023 on esitetty kuvassa (Kuva 4-12). Pohjavesipinnoissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia ko. vuosien aikana. Vesipinnat ovat lähellä maanpintaa ja vaihtelu on ollut melko vähäistä (0,14–2,14 m).

Vesipintojen vaihtelut kuvastavat pääosin normaaleja vuodenaikaisvaihtelua ja putken sijaintipaikan olosuhteita. Moreenialueilla pohjaveden vuodenaikaisvaihtelu on yleensäkin suurempaa kuin esimerkiksi hiekka- ja sora-alueilla (harjualueet). Suoalueella pohjavedenpinta on lähellä maanpintaa ja vuodenaikaisvaihtelu hyvin pientä.

Malmin louhinta Lahnaslammen avolouhoksesta loppui syksyllä 2010 ja louhoksen annettiin täyttyä vedellä. Louhoksen vaikutus lähiympäristön vesipintoihin on ollut hyvin vähäinen. Louhoksen ympäristössä on puroja, jokia, oja ja kanavia sekä kaivannaisjätealueita. Niillä voi olla osaltaan alueen vesitaloutta vakauttava vaikutus.



Kuva 4-12. Pohjaveden pinnankorkeus m (NN) Punasuo-Papinlampi -alueella vuosina 2012-2023.

4.5.4 Pohjaveden laatu

Talousvesikaivot

Kaivovesiä tarkkaillaan kolmesta kaivosta. Tulokset ovat täyttäneet talousveden laatuvaatimukset (STM 2/2023). Yhdessä kaivossa pH-arvo on ollut yleensä talousvesiasetuksen suositusta hieman alaisempi. Liukoiset arseeni- ja nikkelipitoisuudet ovat olleet hyvin pieniä ja talousvesiasetuksen mukaisia sekä alittaneet pohjavesien ympäristölaatunormit (341/2009). Pitoisuuksissa ei ole havaittavissa tutkittujen muuttujien osalta selviä muutostrendejä.

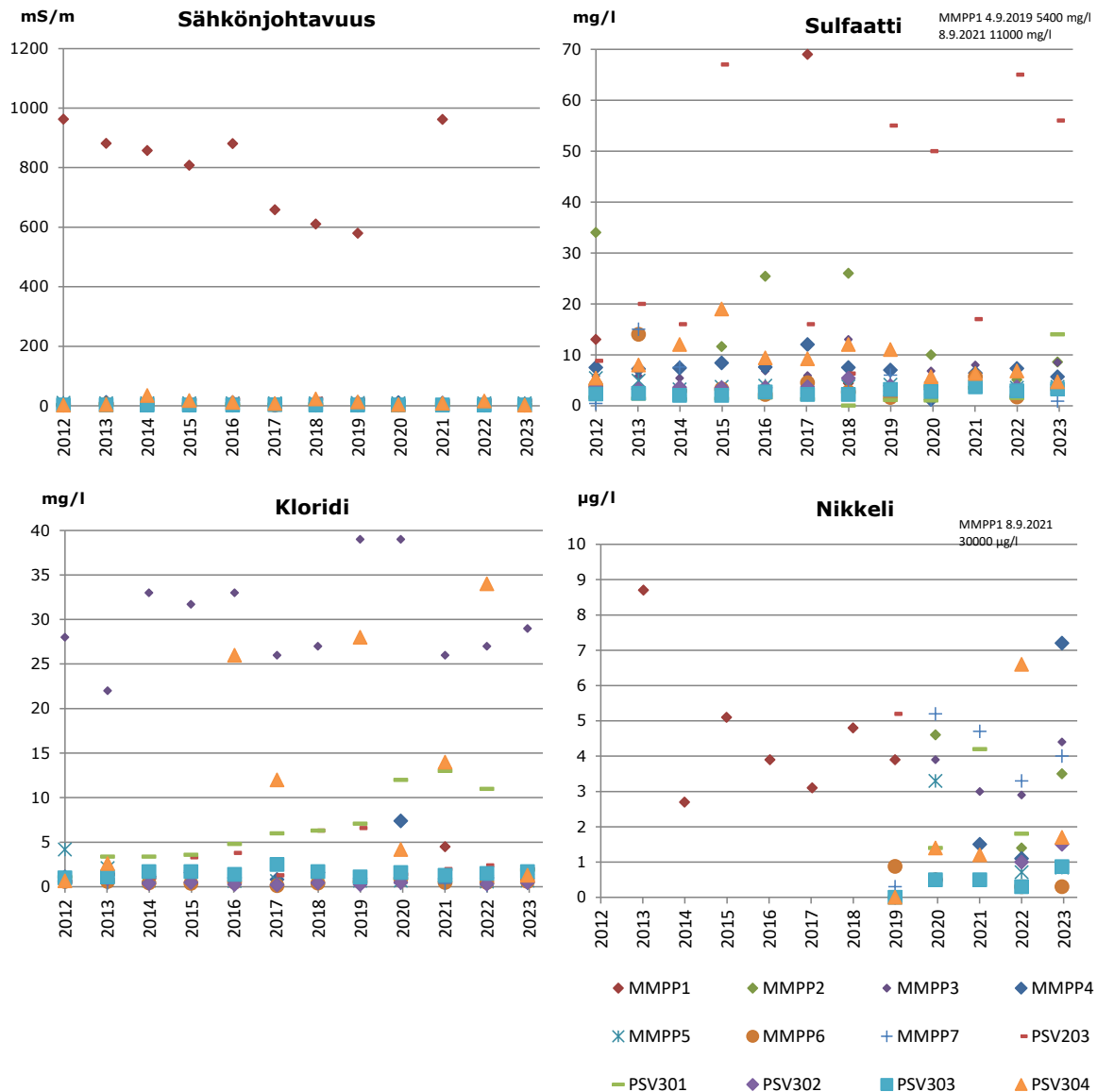
Sivukivialue

Sivukivialueen vaikutuksia pohjavesiin on seurattu yhteensä 11 pohjavesiputkesta (PSV301-304 ja MMPP1-7), minkä lisäksi näytteet on otettu myös sivukivialueen itäpuolella sijaitsevasta putkesta PSV203.

Piste MMPP1 edustaa vedenlaadultaan sivukivialueen suotovettä ja sen pitoisuudet ovat olleet yleensä merkittävästi suurempia kuin muiden pisteiden (Kuva 4-13). Sivukivialueen suotovedet vaikuttavat pohjaveden laatuun tässä pisteessä. Sivukivialueen itäpuolella Kokkosuolla, lähellä louhosta, sijaitsevan putken PSV203 sulfaattipitoisuus ja sähkönjohtavuusarvo ovat olleet lievästi koholla. Kokkosuon pohjoisosan putki MMPP2 on

ollut monena vuonna kuiva. Vuonna 2023 näyte saatiin otettua ilmeisesti tavanomaista runsaammasta sadannasta johtuen. Pitoisuudet olivat ko. putkessa alhaisia. Sivukivialueen etelä- ja itäpuolen putkien MPP5, MPP6 ja MMPP7 pitoisuudet ovat olleet pääosin pieniä. Nämä pisteet sijaitsevat pohjaveden virtausuunnassa yläpuolella, mutta kuitenkin lähellä sivukiven läjitysalueita. Pisteessä PSV304 on havaittu aika ajoin kohonneita kloridi- ja sulfaattipitoisuuksia, jotka saattavat johtua kaivosvesien vaikutuksesta. Sivukivialueen pohjavesivaikutukset rajoittuivat lähinnä sivukivialueen kaakkoisreunalle, jossa vedenlaadun muutokset ovat olleet selviä etenkin putkessa MMPP1. Muilla tarkkailusuunnilla selviä pohjavesivaikutuksia ei ollut havaittavissa.

Valtioneuvoston asetuksessa (341/2009) on annettu ympäristölaatunormit mm. ammoniumtyypelle, kloridille, sulfaatille, arseenille ja nikkelille. Pohjavesiputken (PSV203) nikkelpitoisuus (73 µg/l) ylitti vuonna 2023 ympäristölaatunormin pitoisuuden (10 µg/l) myös ammoniumtyyppipitoisuus (470 µg/l) ylitti ympäristölaatunormin pitoisuustason (200 µg/l). Lisäksi vuonna 2023 pisteillä MMPP3 kloridipitoisuus (29 mg/l) ylitti ympäristölaatunormin pitoisuustason (25 mg/l) ja pisteellä PSV301 nikkelpitoisuus (20 µg/l) ylitti ympäristölaatunormin. Osassa tarkkailupisteitä pH-arvo oli alhainen verrattuna talousvesiasetukseen (STM 2/2023). Alue ei ole pohjavesialuetta eikä alueen vettä käytetä talousvetenä.



Kuva 4-13. Sivukivialueen pohjaveden sähkönjohtavuusarvon, sulfaatti-, kloridi- ja nikkelpitoisuuksien kehitys vuosina 2012–2023.

Punasuon louhosalue

Punasuon uuden louhosalueen ympäristön pohjavesitarkkailu aloitettiin vuonna 2009, Punasuon louhinta alkoi vuonna 2010. Alueella on kolme havaintoputkea. Punasuo1 sijaitsee louhosalueen pohjoispuolella sekä Punasuo2 ja Punasuo3 louhosalueen eteläpuolella.

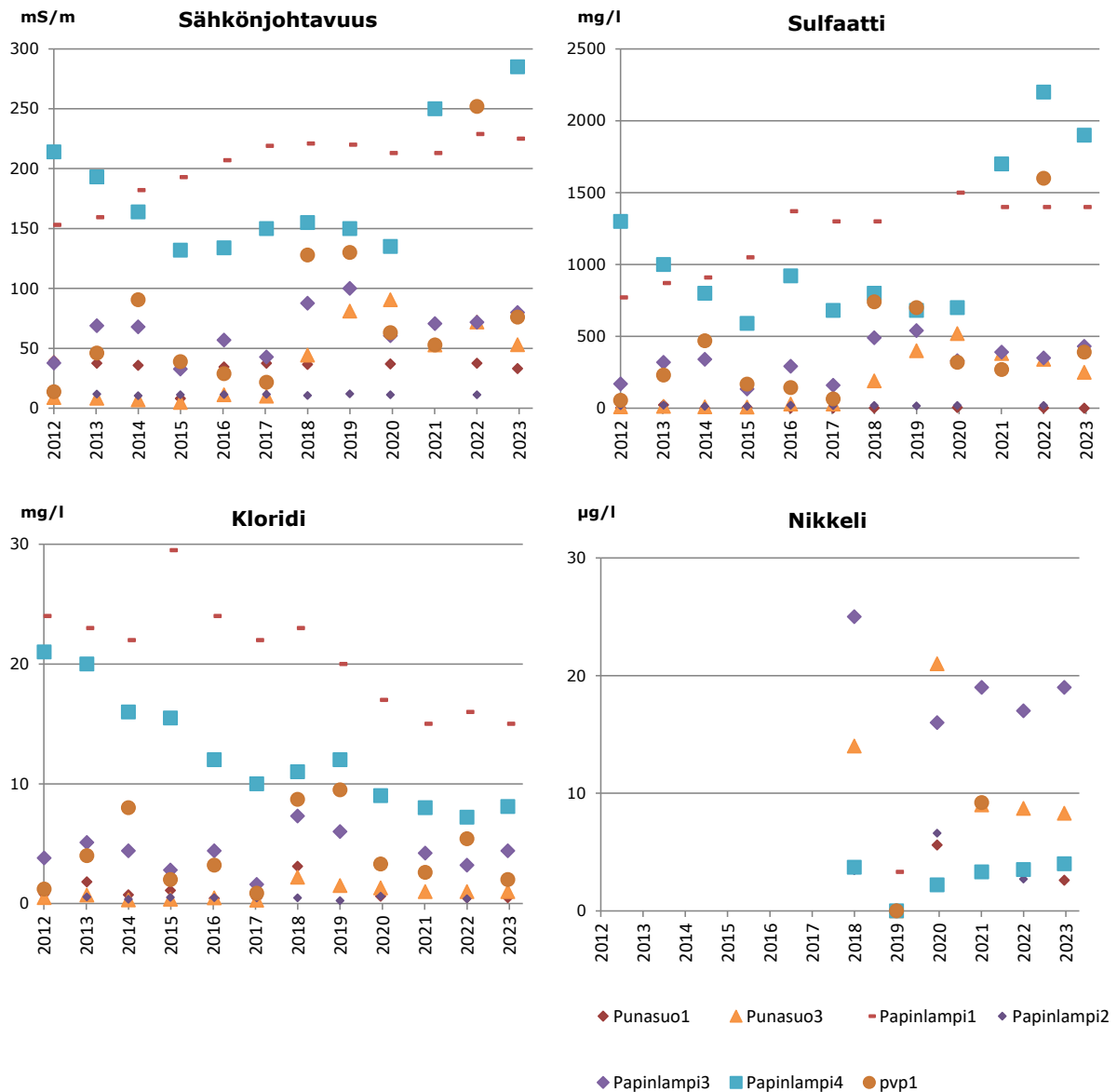
Punasuo1:n pitoisuuksissa ei ole havaittavissa juurikaan merkittäviä muutoksia ja ainepitoisuudet ovat pääosin pieniä (Kuva 4-14). Putken Punasuo2 laadullinen tarkkailu on lopetettu vuonna 2014. Veden korkeuden tarkkailu jatkuu. Putki sijaitsee Unijoen uuden kaivetun uoman lähellä. Punasuon 3:n pitoisuudet ovat pääosin pieniä. Sulfaattipitoisuudet ovat kasvaneet putkessa vuodesta 2018 lähtien, ollen kuitenkin laskussa vuodesta 2021.

Vuonna 2023 Punasuon 1 ammoniumtyyppipitoisuus (660 µg/l) ylitti valtioneuvoston asetuksen (341/2009) ympäristölaatunormin pitoisuustason (200 µg/l). Louhosalueen eteläpuolella (Punasuo 3) pH-arvo (4,7) alitti talousvesiasetuksen (2/2023) mukaisen laatutavoitteen (6,5–9,5) ja kloridipitoisuus (250 mg/l) ylitti ympäristölaatunormin (150 mg/l) vuonna 2023. Putkien, Punasuo 1 ja Punasuo 3 COD_{Mn}-arvot (13 ja 10 mg/l) ylittivät talousvesiasetuksen mukaisen laatutavoitteen (5 mg/l) vuonna 2023. Alue ei ole pohjavesialuetta eikä alueen vettä käytetä talousvetenä.

Papinlammen rikastushiekka-altaan ympäristö

Soidinsuon altaan ympäristössä putkissa Papinlampi 1, Papinlampi 4 ja pvp1 sekä rikastushiekka-altaan länsipuolisessa putkessa Papinlampi 3 on havaittu sulfaattipitoisuuksien ja sähkönjohtavuusarvojen kohoamista.

Papinlampi 1 ja Papinlampi 4 ammoniumtyyppipitoisuudet (250 ja 310 µg/l) ylittivät valtioneuvoston asetuksen (341/2009) ympäristölaatunormin pitoisuustason (200 µg/l). Sulfaattipitoisuudet ylittivät ympäristölaatunormin pitoisuustason (150 µg/l) edellisvuoden tapaan kaikilla havaintopaikoilla. Liukoisen nikkelin osalta ympäristölaatunormi (10 µg/l) ylittyi pisteillä Papinlampi 1, Papinlampi 3 ja pvp1. Arseenin osalta ympäristölaatunormi (5 µg/l) ylittyi pisteellä Papinlampi 4. Myös pH-arvo oli osin alhainen verrattuna talousvesiasetukseen (2/2023). Kuten aiemmin on mainittu, kaivospiirin alue ei ole pohjavesialuetta eikä alueen vettä käytetä talousvetenä.



Kuva 4-14. Punasuon louhosalueen ja allasalueen pohjaveden sähkönjohtavuusarvos, sulfaatti-, kloridi- ja nikkelpitoisuuksien kehitys vuosina 2012–2023.

4.6 Ilmasto ja ilman laatu

Alueen ilmasto-olosuhteita ja ilman laatua on kuvattu Elementisin kaivannaisjätteiden ja vesienhallinnan YVA-ohjelmassa (Afray Finland 2024), josta tähän on poimittu keskeiset tiedot.

Hankealue sijaitsee Kainuun maakunnan eteläosassa keskiborealisella ilmastovyöhykkeellä. Alueen ilmastolle on ominaista mantereisuus ja vuoden keskilämpötila on tavallisesti noin +2,5 °C (Ilmasto-opas 2022). Hankealuetta lähimmällä Sotkamon Tuhkakylän mittausasemalla vuoden 2023 keskilämpötila ja vuotuinen sademäärä olivat 2,8 °C ja 879 mm. Kajaanin lentoaseman mittausasema on lähin, jolta

on saatavissa keskilämpötiloja pidemmällä aikavälillä. Siellä vuoden 2023 keskilämpötila oli 2,9 °C (Ilmatieteen laitos 2024a), ja vertailukausien 1981–2010 ja 1991–2020 vastaavat arvot olivat 2,0 °C (Pirinen ym. 2012) ja 2,6 °C (Ilmatieteen laitos 2024b). Keskilämpötila on noussut vertailukaudelta toiselle 0,6 °C ja vuosi 2023 oli molempien vertailukausien keskiarvoa lämpimämpi.

Ilmatieteen laitos mittasi vuonna 2009 Sotkamon tehtaan ja kaivosalueen ympäristössä alle 10 mikrometrin suuruisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksia kahdessa mittauspisteessä (Tehdasalue ja Asuntola). Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden terveysvaikutusperusteinen vuorokausiohjearvo ei ylittynyt mittausjaksolla kummassakaan mittauspisteessä. Mittauspisteiden kaakkoispuolella sijaitsevia mahdollisia pölylähteitä ovat rikastushiekka-altaat ja lastausalue. (Ilmatieteen laitos 2010).

Viiden vuoden välein tehtävien bioindikaattoriselvitysten mukaan kaivos- ja tehdasalueen läheisyyden viidestä näytepisteestä otettujen kangasrouskun, kekomuurahaisten ja maaperänäytteiden arseeni- ja nikkelipitoisuudet olivat vuonna 2023 alhaisia, eikä oleellisia muutoksia aiempaan ollut todettavissa.

5 Kaivannaisjätteen määrä ja sijoittaminen

5.1 Yleistä

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 112 §:n mukaan kaivannaisjäte on kallio- tai maaperässä luonnollisesti esiintyvän orgaanisen tai epäorgaanisen aineksen irrotuksessa taikka sen varastoinnissa tai rikastuksessa syntyvää jätettä. Kaivoksen toiminnassa syntyy erilaisia rikastusjäännöksiä, sivukiveä ja pintamaata.

Kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) 4 §:n mukaan jätehuoltosuunnitelmassa tulee esittää selvitys toiminnassa syntyvistä jätteistä ja niiden määristä. Asetuksen liitteen 3 kohdan A. 1. c) mukaan kaivannaisjätteen ominaisuuksien määrittelyn jätehuoltosuunnitelmassa tulee perustua tietoon jätteen lajista ja sen suunnitellusta hyödyntämisestä ja loppukäsittelystä. Tässä kappaleessa on esitetty asetuksen mukaisesti:

4§

1) selvitys toiminnassa syntyvistä kaivannaisjätteistä ja ...

2) arvio kaivannaisjätteen kokonaismäärästä, ...

Liite 3

A. Jätteen ominaisuuksien määrittely

1. Jätteen ominaisuuksien määrittelyn on perustuttava seuraaviin tietoihin:

c) Jätteen laji ja sen suunniteltu hyödyntäminen tai loppukäsittely:

- Kuvaus etsintä-, louhinta- ja rikastustoiminnoissa syntyvistä jätteistä, mukaan luettuina pintamaa, sivukivi ja rikastusjäte, esittämällä tiedot seuraavista seikoista:
- jätteen alkuperä louhinta-alueella ja jätteen tuottava prosessi, kuten etsintä, louhinta, murskaaminen ja rikastus

- jätteen määrä
- kuvaus jätteen kuljetusjärjestelmästä

Elementisin Sotkamon tehtaassa nykyinen talkkituotanto on noin 150 000 t/a. Toimintaa koskevat voimassa olevat luvat mahdollistavat rikastamon tuotannon nostamisen tasolle 400 000 t/a. Malmia on louhittu Punasuon kaivoksesta keskimäärin 300 000 tonnia vuodessa, mutta vaihteluväli on suuri, koska osa malmista tuodaan Uutelan satelliittilouhoksesta. Malmin louhinnan toteutuma vuosilta 2006–2023 on esitetty taulukossa 3-2 ja arvio tulevaisuudessa louhittavista malmimääristä taulukossa 3-3.

Sivukiveä on louhittu Punasuon louhoksesta keskimäärin noin 900 000 tonnia vuodessa ja rikastushiekkaa on muodostunut keskimäärin noin 380 000 tonnia vuodessa. Muodostuneet ja tulevaisuudessa muodostuvat sivukivimäärät ja rikastushiekkamäärät on esitetty taulukoissa 5-3 – 5-5.

Vesienkäsittelysakkaa muodostuu jätevesien käsittelyn yhteydessä Soidinsuonaltaalla, sivukivialueen suotovesien vesienkäsittelyssä sekä satelliittikaivoksilla. Sakkaa syntyy suhteellisen pieniä määriä.

Kaivostoiminnassa muodostuvat kaivannaisjätteet ja niiden määrät on esitetty taulukossa 5-1.

Taulukko 5-1. Kokoomataulukko. Kaivostoiminnassa muodostuneet kaivannaisjätteet sekä vesienkäsittelyn sakat ja niiden määrät 2021–2023.

Jätejäte	Jättemäärä t/a 2021	Jättemäärä t/a 2022	Jättemäärä t/a 2023
Läjitettävä sivukivi ¹⁾	1 045 439	1 005 778	1 441 784
Magnesiittihiekka ¹⁾	433 355	328 223	298 025
Soidinsuon altaan nikkelisakka	129	364	540
Suotovesien neutralointisakka	Määrää ei ole mitattu		
Uutelan vesienkäsittelysakka	62	63	65
	Jättemäärä m ³ 2021	Jättemäärä m ³ 2022	Jättemäärä m ³ 2023
Louhinnan yhteydessä poistettava pintamaa	47 633 m ³	294 709 m ³	15 200 m ³

1) Sivukivi, magnesiittihiekka ja poistettu pintamaa, joka välittömästi tai kohtuullisen lyhyen varastointiajan jälkeen toimitetaan rakennus- tai muussa toiminnassa suunnitelmallisesti hyödynnettäväksi, ei ole jätettä edellyttäen, ettei kiviaines omaa haponmuodostuspotentiaalia tai sisällä ympäristön kannalta merkittävässä määrin haitallisia metalleja ja että se soveltuu muidenkin ominaisuuksiensa puolesta hyödynnettäväksi. (Lupamääräys 17, Nro 9/08/2)

5.2 Maa-ainesten määrä ja sijoittaminen

Louhosten kohdilta poistettava maa-aines (maanpoistomaa), turve ja moreeni, on varastoitu erilliselle maa-aineksen läjitysalueelle, Lahnaslammen sivukivialueelle ja osa maamassoista on toimitettu Papinlammelle hyötykäyttöön. Muilta osin maa-aineksia tullaan hyödyntämään viimeistään kaivoksen sulkemisvaiheessa toiminta-alueiden maisemointiin.

Maa-ainesten läjitysalueelle on sijoitettu n. 930 000 m³ Lahnaslammen ja Punasuon alueilta poistettuja maamassoja. Osa läjitetyistä maamassoista hyödynnetään maarakentamisessa sekä maisemoinnissa, mutta osa läjitetyistä maamassoista maisemoidaan paikalleen. Maisemointiin soveltumattomia pintamaita läjitetään myös Lahnaslammen louhokseen sekä sivukivialueelle. Lahnaslammen louhokseen on toimitettu mm. karkeaa kiviainesta kuten mustaliusketta sisältävää moreenia sekä magnesiittia

Vuosina 2008–2023 Punasuon kaivokselta on poistettu yhteensä 2,4 milj. m³ maata. Poistetuista maamassoista 8 % on toimitettu Papinlammelle hyötykäyttöön. Pääosa maamassoista on toimitettu Lahnaslammen sivukivialueelle.

Maanläjitysalueen tutkimuksessa syksyllä 2024 havaittiin, että alueelle on toiminnan aikaisemmissa vaiheissa läjitetty myös muuta mineraalista ainesta kuin poistettuja pintamaita. Pintamaiden karakterisointi on kuvattu tarkemmin luvussa 6.2.

5.3 Sivukiven määrä ja sijoittaminen

Lahnaslammen kaivoksesta louhittu sivukivi on läjitetty erilliselle läjitysalueelle (noin 60 ha). Sivukiven läjitysalue sijaitsee kaivospiirin luoteiskulmalla (Kuva 3-2). Läjitysalueelle on läjitetty pääasiassa Lahnaslammen kaivoksesta v. 1968–2010 louhittua sivukiveä. Sivukiveä on läjitettynä noin 17 milj. m³ eli noin 29 milj. tonnia. Läjitysalueen korkeus on noin 30–40 m ympäröivää maanpintaa korkeammalla noin tasolla +190–205 m mpy.

Taulukko 5-2. Lahnaslammen sivukivialueelle läjitettyjen sivukivien kivilajijakauma.

Kivilaji	Tonnia	Osuus kokonaismassasta
Mustaliuskeet	17 000 000	59 %
Kiilleliuskeet	6 000 000	21 %
Serpentiniittibreksia/vuolukivet	95 000	0,3 %
Talkkimagnesiitti	4 600 000	16 %
Karsikivet, kloriitti- ja talkkiliuskeet sekä dolomiitti	1 400 000	5 %
Yhteensä	29 000 000	100 %

Sivukivialueelle ei ole tehty pohjarakennetta, vaan pohja muodostuu huonosti vettä läpäisevästä luonnonmoreenista. Sivukivialueen suotovedet kerätään ympärysojia pitkin suotovesien neutralointilaitokselle ja Lahnaslammen louhokseen, joka on nykyisellään louhosjärvi.

Ympäristölupapäätöksen nro 103/2023 lupamääräyksen 26 mukaisesti sivukiven läjitystoiminta on siirretty Lahnaslammen avolouhokseen sen jälkeen, kun malmin louhinta louhoksesta on loppunut. Lahnaslammen avolouhokseen on vuosien 2011–2023 välisenä aikana läjitetty yhteensä 3,5 milj. m³ eli noin 9,8 milj. tonnia sivukiveä (Taulukko 5-3).

Punasuon sivukiveä on läjitetty vanhalle sivukivialueelle 580 000 m³ eli noin 1,6 milj. tonnia. Viimeksi sivukiveä läjitettiin sivukivialueella elokuu 2023 – toukokuu 2024 välisenä aikana. Syynä väliaikaiselle läjitykselle on ollut Lahnaslammen kaivoksen poikkeuksellisen korkea vedenpinta. Läjitys on tehty aikaisemmin tehdyn maisemointirakenteen päälle.

Sivukivialue on osin maisemoitu. Alueelle on toteutettu peittorakenne noin metrin paksuisena yhtenäisenä, tasalaatuisena kerroksena. Pintakerroksen materiaalina on käytetty Punasuon alueelta saatavaa moreenia. Pintakerrosta on levitetty suurimmalle osaa sivukivialuetta. Pintarakenteen päälle on paikoin levitetty turvetta kasvukerrokseksi. Punasuon moreenin käyttäminen tiivistyskerroksena sellaisenaan ei riitä täyttämään lupapäätöksessä Dnro PSY-2003-Y-175 rakenteelle asetettua vedenläpäisevyysvaatimusta.

Taulukko 5-3. Punasuon kaivoksesta louhitut sivukivimäärät 2010–2023.

Vuosi	Punasuolta louhittu sivukivi (t)
2010	833 377
2011	1 081 072
2012	779 570
2013	478 565
2014	493 063
2015	569 408
2016	313 438
2017	309 958
2018	1 350 941
2019	1 663 897
2020	1 184 666
2021	1 045 439
2022	1 005 788
2023	1 441 784
Yhteensä	12 550 966

5.4 Porasoija

Punasuon louhoksen ulkopuolella eli maanpinnalla tehtävän kairauksen yhteydessä syntyvä porasoija kerätään ja toimitetaan Lahnaslammen louhokseen. Vuosittain syntyvä porasoijan määrä on vähäinen.

5.5 Tarvekivi

Sivukiveä hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan. Louhittua ja murskattua kiilleliusketta tuotetaan omaan käyttöön rakennusmateriaaliksi 5 000–15 000 m³/a. Murskekelpoisen kiilleliuskeen laatua kontrolloidaan porausreilistä otetun porauspölyn rikkianalyysillä. Louhittu kiilleliuske murskataan ja murskatut kiilleliusketuotteet varastoidaan murskekivivarastoalueella, joka sijaitsee maanlajitysalueen eteläpuolella (Kuva 3-2). Kiviaineksen murskaustoimintaa harjoitetaan tarpeen mukaan 1–3 kuukauden ajan vuodessa. Murskauksessa käytetään normaalia maanrakennuspuolella käytettävää murskaintyyppiä.

Murskaustoiminnalle ja varastoinnille varattu alue on noin 200 metriä leveä ja enimmillään 250 metriä pitkä. Alueelle voidaan varastoida louhetta enimmillään noin 100 000 m³ (0,3 milj. tonnia), varastokasan korkeuden ollessa maksimissaan 25 metriä. Tämä vastaa noin kuuden vuoden murskattavaa määrää nykyisillä murskausmäärillä.

5.6 Rikastushiekan määrä ja sijoittaminen

Talkki- ja nikkelikastuksen lopputuotteena muodostuva hienojakoinen rikastushiekka (magnesiittihiekka) pumpataan vesilietteenä varastoitavaksi Papinlammen rikastushiekka-altaaseen, joka sijaitsee tehdasalueen itäpuolella. Papinlammen rikastushiekka-altaan patojen korotukset tehdään rikastushiekalla.

Rikastushiekkaliete pumpataan rikastamolta rikastushiekka-allasta kiertäviä putkilinjoja pitkin ja jaetaan tasaisesti haluttuun kohtaan spigointiputkien avulla. Lisäksi altaalle pumpataan toisella linjalla vähemmän kiintoainetta sisältävää ja talkkipitoisempaa rikastushiekkalietettä. Altaalla kiintoaine laskeutuu ja selkeytynyt vesi palautetaan takaisin prosessivesikiertoon.

5.6.1 Papinlammen rikastushiekka-allas

Papinlammessa on rikastushiekkaa kokonaisuutena arviolta noin 11,2 milj. tonnia. Vuosina 2010–2023 rikastushiekkaa on läjitetty Papinlampeen noin 296 000–502 000 t/a (kuiva-ainemäärä) (Taulukko 5-4). Läjitettävässä lietteessä kuiva-ainepitoisuus on noin 20 %. Vettä pumpataan pois toiminnan aikana, sedimentoitumisen seurauksena kuiva-ainepitoisuus kasvaa ollen syvemmällä altaassa noin 70 %. Osa Papinlammen altaalle läjitetystä magnesiitista on myyty hyötykäyttöön. Vuosina 2014–2021 magnesiittia myytiin yhteensä 472 000 tonnia. Vuoden 2021 jälkeen magnesiittia ei ole myyty.

Rikastushiekka-altaan alkupadot ovat louheverhoiltuja homogeenisiä moreenipatoja, joiden harjan taso on korkeudella N60 +162,5 m ja harjan leveys on 6,0 metriä. Rikastushiekka-allasta on aloitettu korottamaan vuonna 2002. Patoja korotetaan jatkuvasti siten, että altaalla on jatkuvasti töissä yksi kaivinkone, joka nostaa rikastushiekka-altaan padon läheisyydessä olevaa rakeisempaa rikastushiekkaa padon harjalle kuivumaan. Tätä hiekkaa käytetään padon korotuksessa. Padot olivat syksyn 2024 drone-mittaustulosten perusteella tasolla +178 m. Padot kuuluvat

patoturvallisuustarkkailun piiriin patoluokassa 2. Pohjois-Suomen aluehallintoviraston 28.6.2023 antaman lupapäätöksen (PSAVI/455/2021) mukaisesti Papinlammen rikastushiekka-altaan patoja voidaan korottaa tasoon N60 +181 m. Nyt haetaan lupaa korotukselle tasoon +190. Sisäänpäin tapahtuvien patokorotusten myötä rikastushiekka-altaan laella oleva vapaan veden alue pienenee.

Rikastushiekkan läjitystä Lahnaslammen avolouhokseen tehtiin vuonna 2018 hyvin pienessä mittakaavassa kuvan 5-1 osoittamaan paikkaan.

Rikastushiekka-altaalle pumpataan myös rikastushiekka-alueen suotovesiä sekä piha- ja tehdasalueen valumavesiä. Papinlammen rikastushiekka-altaan pinta-ala on noin 40 ha. (Elementis 2020)



Kuva 5-1. Rikastushiekkan läjitys avolouhokseen (punaisella ympyröity alue).

Taulukko 5-4. Papinlammen rikastushiekka-altaaseen läjitetyt rikastushiekkamäärät vuosina 2010–2023. Läjitetystä määrästä osa on mennyt myyntiin.

Vuosi	Papinlampeen rikastushiekkamäärä (t)	pumpattu
2010		370 248
2011		501 894
2012		442 211
2013		296 298
2014		336 132
2015		325 816
2016		394 302
2017		373 317
2018		462 795
2019		429 086
2020		359 343
2021		433 355
2022		328 223
2023		298 025

Taulukko 5-5. Arvio rikastushiekan läjitysmääristä vuosina 2024–2032.

Vuosi	Rikastushiekan läjitys Papinlampeen (t)
2024	299 000
2025	377 429
2026	402 031
2027	391 701
2028	372 710
2029	389 816
2030	389 047
2031	388 500
2032	388 944

5.6.2 Rikastushiekan vanhat läjitysalueet

Vanhat rikastushiekan läjitysalueet on esitetty kuvassa 3-2 ja lueteltu taulukossa 5-6.

Punasuon kaivoksen koillisreunalla oleva allas (3 ha) on ollut tuotantokäytössä talkin rikastuspiirin ylitevesialtaana 1970- ja 1980-luvuilla (vanha talkkipiirin allas). Altaaseen on läjitetty hienojakoista talkkisavea noin 200 000 tonnia. Pääosa kiintoaineesta on poistettu Lahnaslammen kaivoksen täyttöön Punasuon kaivoksen laajentumisen tieltä.

Kuivatun Lahnaslammen pohjaa on jäljellä Lahnaslammen ja Punasuon louhosten välissä noin 1 ha. Lammen pohjasedimentin päällä on noin metrin paksu magnesiittihiekkakerros. Lammen pohjan pieni osa jää varoaltaaksi (3 ha), mutta muut osat poistetaan osin maarakennuksen ja laajenevan Punasuon louhoksen alta. Poistettavat massat sijoitetaan Lahnaslammen louhokseen.

Talkkipiirinaltaan eteläosa (noin 5,9 ha) on ollut käytössä 1980-luvulla talkin rikastuspiirin ylitevesille. Alue on maisemoitu moreenilla ja kasvukerroksella, mutta sulkemista ei ole hyväksytty. Alue on metsittynyt.

Soidinsuon altaan pohjoinen osa (19,1 ha)(kuvassa 3-2 "Soidinsuon allas") on toiminut 1970-luvulla nikkelipiirin vesien ylitevesialtaana ja sen aikaisen magnesiittialtaan paisuntasäiliönä, johon on kulkeutunut vesien mukana rikastushiekkaa välittömästi eteläpuolella sijaitsevaa magnesiittiallasta korotettaessa. Rikastushiekkaa on lähinnä pohjoisosan itäisessä lohossa. Nykyään Soidinsuon allasta (pohjoisosan länsilohko) käytetään käsiteltyjen vesien selkeytysaltaana ennen juoksutusta vesistöön.

Soidinsuon altaan eteläinen osa (14 ha) (Vanha magnesiittikasa)(kuvassa 3-2 "suljettu rikastushiekka-allas") toimi rikastushiekka-altaana vuosina 1974–1990. Toiminnan viimeisinä vuosina altaiden pintaa nostettiin tekemällä altaan sisälle erillisiä altaita magnesiittihiekasta patoamalla vastaavalla tavalla kuin rikastushiekka-allasta korotetaan Papinlammen altaalta. Täyttymisen jälkeen Soidinsuon allas on maisemoitu vuosina 1991–1992 moreenilla, johon on muodostunut kasvukerros. Lopullinen täyttötaso on noin +165 m mpy. Sulkemistoimenpiteet on hyväksytty ja alue on metsittynyt. (AFRY Finland Oy 2024)

Taulukko 5-6. Vanhat magnesiitin läjitysalueet.

Vanha alue	Pinta-ala (ha)
Vanha talkkipiirin allas	3
Lahnaslammen ja Punasuon välinen alue	1
Varoallas	3
Talkkipiirin eteläpään allas	5,9
Soidinsuonaltaan pohjoinen osa	19,1
Soidinsuonaltaan eteläinen osa / Magnesiittikasa (sulkeminen hyväksytty)	14

5.7 Vesienkäsittelyssä muodostuvat sakat

Sotkamon kaivoksen vesienkäsittelyssä muodostuvia sakkoja ovat Soidinsuon altaan nikkelisakka/vesienkäsittelysakka sekä sivukivialueen suotovesien neutralointisakka. Vesienkäsittelyssä käytetään sammutettua kalkkia eli kalsiumhydroksidia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ja lipeää (NaOH).

Sivukivialueen suotovesien neutralointisakka on johdettu aiemmin Lahnaslammen avolouhokseen (kts. kpl 11). Syksystä 2024 alkaen käsitellyt vedet on johdettu selkeytysaltaiden kautta, jolloin sakka laskeutuu altaisiin. Altaisiin syntyvä sakka

poistetaan ja toimitetaan tarvittaessa Soidinsuonaltaalle. Lisäksi joulukuun 2024 lupahakemuksella haetaan lupaa läjittää sakkaa tarvittaessa myös Papinlammen luoteiskulmalle.

Sotkamon toimipisteen lisäksi vesienkäsittelysakkoja muodostuu satelliittilouhoksilla. Uutelan kaivoksen vedet käsitellään tällä hetkellä lipeällä (natriumhydroksidi, NaOH) metallien saostamiseksi. Uutelassa vesienkäsittelysakka sijoitetaan geotuubeihin. Uutelan vesienkäsittelysakat kuljetetaan Sotkamon tehdasalueelle ja sijoitetaan Soidinsuonaltaalle tai Papinlammen luoteisnurkkaan.

6 Kaivannaisjätteiden karakterisointi

Tässä luvussa esitetään kaivannaisjäteasetukseen (VNA 190/2013) perustuvia tietoja kaivannaisjätteiden geoteknisestä käyttäytymisestä sekä geokemiallisista ominaisuuksista ja käyttäytymisestä. Asetuksen 4 §:ssä esitetään vaatimukset kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman sisällöstä, johon liittyy kaivannaisjätteen ominaisuuksien määrittely asetuksen liitteen 3 mukaisesti.

- 1) selvitys toiminnassa syntyvistä kaivannaisjätteistä ja niiden ominaisuuksista liitteen 3 mukaisesti
 - A. Jätteen ominaisuuksien määrittely
 1. Jätteen ominaisuuksien määrittelyn on perustuttava seuraaviin tietoihin:
 - d) Jätteen geotekninen käyttäytyminen:
 - Soveltuvien muuttujien tunnistaminen jätteen olennaisten fysikaalisten ominaisuuksien arvioimiseksi ottaen huomioon jätealueen tyyppi
 - Soveltuvia muuttujia voivat olla: raekokojakauma, plastisuus, tiheys ja vesipitoisuus, tiivistymisaste, leikkauslujuus ja kitkakulma, läpäisevyys-huokoisuussuhde, kokoonpuristuvuus ja konsolidaatio
 - e) Jätteen geokemialliset ominaisuudet ja käyttäytyminen:
 - Jätteen ja siinä mahdollisesti olevien kemikaalien ja kemikaalijäännösten kemiallisten ja mineralogisten ominaisuuksien erittely
 - Arvio ajan mittaan muuttuvista suotoveden kemiallisista ominaisuuksista jätelajeittain ottaen huomioon jätteen suunnitellut käsittelytavat, erityisesti:
 - metallien, oksianionien ja suolojen ajan myötä tapahtuvan huuhtoutumisen selvittäminen liukoisuuden pH-vaikutustestillä, läpivirtaustestillä, aikariippuvaista liukoisuutta arvioivalla testillä ja/tai muulla soveltuvalla testillä
 - sulfidia sisältäville jätteille, staattiset ja kineettiset testit ajan myötä tapahtuvan happaman suotoveden muodostumisen ja metallien huuhtoutumisen määrittelemiseksi

Säädösvaatimuksia kaivannaisjätteiden karakterisointimenetelmille on esitetty kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteessä 1, jossa määritellään perusteet, joiden täyttyessä kaivannaisjäte luokitellaan pysyväksi jätteeksi. Luokittelu on tehtävä em. asetuksen liitteen 3 mukaisen jätteiden ominaisuuksien määrittelyn yhteydessä käyttäen siinä edellytettyjä tietolähteitä.

Ote kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteestä 1 kohdasta 2.:

Jätettä pidetään pysyvänä jätteenä, jos

b) jätteen sulfidirikkipitoisuus

- on enintään 0,1 prosenttia tai
- se on enintään 1 prosentti ja neutralointipotentiaalisuhde, määriteltynä neutralointipotentiaalin ja hapontuottopotentiaalin välisenä suhteena testimenetelmän *EN 15875 staattisen testin* perusteella, on suurempi kuin 3.

d) Jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien ympäristölle tai ihmisen terveydelle mahdollisesti haitallisten aineiden (erityisesti arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli, lyijy, vanadiini ja sinkki) pitoisuudet jätteessä ovat riittävän alhaiset siten, että niistä aiheutuva vaara ympäristölle ja terveydelle on merkityksetön sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä.

Mainittujen aineiden pitoisuuksia pidetään riittävän alhaisina ja niistä ympäristölle tai terveydelle aiheutuvaa vaaraa merkityksettömänä, jos ne eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetussa *valtioneuvoston asetuksessa (214/2007)* tarkoitettuja arviointia edellyttäviä kynnysarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia.

Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien kuvaamisen keskeinen tavoite on selvittää vaatimusmäärittelyt jätteen sijoitusta, läjitystekniikkaa, vesienhallintaa ja jälkihoitoa varten. Karakterisoinnissa selvitetään mineralogisia, kemiallisia, fysikaalisia ja geoteknisiä ominaisuuksia, joilla on merkitystä ympäristövaikutusten hallinnassa ja ennaltaehkäisyssä.

Ominaisuuksien määrittämistä ja menetelmien valintaa ohjaavat esiintymän geologiset tiedot, joiden mukaan voidaan tehdä ensiarvio sivukiven ja malmin prosessoinnissa syntyvän mineraalisen rikastushiekkajätteen potentiaalisesta haponmuodostus- ja neutralointikyvystä sekä haitallisena pidettävien alkuaineiden esiintymisestä (Ympäristöministeriö, 2011).

Ensiarvion perusteella valitaan kullekin jätejakeelle soveltuvat mineralogian määritysmenetelmät ja kemian analyysimenetelmät. Kaivannaisjätteen ominaisuuksia määrittävä keskeinen ominaisuus on sulfidimineraalien hapettumispotentiaali, jonka avulla arvioidaan happamien metallipitoisten valumavesien muodostumista. Happamia vesiä voi muodostua vain, mikäli sulfidit ovat huomattavasti reaktiivisempia kuin neutraloivat mineraalit ja olosuhteet ovat sulfidien hapettumiselle suotuisat. Ominaisuuksien määrittelyn laajuutta ohjaavat malmiesiintymän ja rajaavien sivukivien sulfidimineralogia ja sulfidisen rikin ja/tai sulfaattisen rikin runsaus.

Sulfidimineraalikoostumuksen perusteella jätejakeet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: ei-happoa tuottava jäte, mahdollisesti pitkällä aikavälillä happoa tuottava jäte ja happoa tuottava jäte (Ympäristöministeriö, 2011).

Ei-pysyväksi todettu jäte voidaan luokitella vaarallisten aineiden/yhdisteiden pitoisuuksien perusteella edelleen vaaralliseksi jätteeksi Komission asetuksen 1357/2014 ja Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti CLP-asetuksen kemikaaliluokituksen pohjalta. Lisätietoja luokittelusta vaaralliseksi jätteeksi löytyy Ympäristöministeriön (2019)

oppaasta. Vaaraominaisuuksien arviointi sivukivelle esitetään luvusta 6.3.7, rikastushiekalla luvussa 6.5.8 ja vesienkäsittelysakkojen osalta luvussa 6.6.3.

Kaivannaisjätteiden karakterisoinnissa on hyödynnetty useita erilaisia menetelmiä vuosien aikana. Osa määrittämenetelmistä on säädösten velvoittamia (mm. kaivannaisjäteasetus) ja osa on näiden menetelmien tuloksia täydentäviä menetelmiä. Erilaiset käytetyt menetelmät eroavat toisistaan mm. tekniikaltaan, mittaustavaltaan ja määrittänopeudeltaan sekä soveltuvuusalueeltaan (tulosten soveltuminen eri käyttötarkoituksiin). Esimerkiksi mineralogista tietoa voidaan kerätä usealla eri menetelmällä ja mineraalien nimeämisen käytännöt voivat siten vaihdella. Nopeammat, usein monille eri määritettäville jakeille soveltuvat ns. yleisanalyysit tuovat tuloksiin tilastollista kattavuutta, mutta niiden avulla ei saada kaikkea tarpeellista tietoa. Tarkempiin ja kalliimpiin sekä ajallisesti pidempiin määrittäksiin valitaan usein pienempi määrä näytteitä, näytteiden edustavuuteen panostaen. Näin saadaan tietoa laajemmasta määrästä ominaisuuksia, kuten aineiden esiintymismuodosta, aineiden pysyvyyden olosuhderiippuvuudesta ja materiaalin kemiallisesta pitkäaikaiskäyttäytymisestä.

6.1 Tutkimusmenetelmät

Jätejakeiden ympäristökelpoisuus määräytyy mineralogisista ja kemiallisista ominaisuuksista, mahdollisten haitta-aineiden liukenemisesta ja aineiden haponmuodostuspotentiaalista. Säädösvaatimuksia sivukiven testaukselle on esitetty kaivannaisjäteasetuksen (VNa 190/2013) liitteessä 1.

Kaivannaisjätteiden karakterisointitietoja tulee verrata pysyvän kaivannaisjätteen määritelmään (VNa 190/2013, Liite 1).

- Kaivannaisjäte on pysyvää, mikäli sulfidisen rikin pitoisuus on enintään 0,1 prosenttia tai se on enintään 1 prosentti ja neutralointipotentiaalisuhde, määriteltynä neutralointipotentiaalin ja hapon-tuottopotentiaalin välisenä suhteena testimenetelmän EN 15875 staattisen testin perusteella, on suurempi kuin 3.
- Jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien ympäristölle tai ihmisen terveydelle mahdollisesti haitallisten aineiden (erityisesti arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli, lyijy, vanadiini ja sinkki) pitoisuudet jätteessä ovat riittävän alhaiset siten, että niistä aiheutuva vaara ympäristölle ja terveydelle on merkityksetön sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Mainittujen aineiden pitoisuuksia pidetään riittävän alhaisina ja niistä ympäristölle tai terveydelle aiheutuvaa vaaraa merkityksettömänä, jos ne eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetussa valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) tarkoitettuja arviointia edellyttäviä kynnysarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia.

Kuningasvesiuutto edellytetään tehtäväksi myös Valtioneuvoston asetuksen maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007, ns. PIMA-asetus) liitteessä 1. Tätä asetusta sovelletaan pintamaiden karakterisoinnissa.

Kaivannaisjätteiden ympäristökelpoisuutta on tutkittu alla olevin tutkimusmenetelmin:

- Aqua Regia-uutto ja metallipitoisuusmääritykset
- Hapontuotto- ja neutralointipotentiaalia mittaava ABA-testi (EN 15875)
- NAG-testi ja NAG-uutteen tutkimus (AMIRA P387A (Appendix D))
- Pitkäaikaiskäyttäytymistä kuvaava kosteuskammio-koee (ASTM D 5744–18)

Standardit, käsikirjat ja muut julkaisut ovat tekijänoikeuslain suojaamia teoksia. Tästä syystä menetelmien yksityiskohtaista toteutusta ei kuvata.

6.1.1 ABA-testi

ABA-testin tarkoituksena on selvittää, voiko kaivannaisjätteestä aiheutua hapanta valumaa. Määrittäjäpaketti ja laskennat toteutetaan standardin EN 15875 mukaisesti. Testissä saadaan tuloksena kokonaisrikki- ja kokonaishiilipitoisuudet, karbonaatti- ja ei-karbonaattihiili sekä sulfaattirikki. Laskennallisena tuloksena saadaan sulfidinen rikki (S^{2-}), josta lasketaan aineksen hapontuottokapasiteetti AP. Neutralointikapasiteetti NP määritetään titraamalla, karbonaattisten mineraalien tuottama neutralointikapasiteetti voidaan määrittää laskennallisesti karbonaattisen hiilen määrästä. Testin tuloksista lasketaan myös neutralointipotentiaalisuhde NPR (kaavalla NP/AP; *neutralization potential ratio*) sekä nettoneutraloimisipotentiaali NNP (kaavalla NP-AP; *net neutralization potential*). Tulosten perusteella tutkittava materiaali voidaan määrittellä mahdollisesti happoa tuottavaksi (PAF; *potentially acid forming*) tai ei-happoa tuottavaksi (NAF; *non acid forming*). On kuitenkin huomioitava, että testi vertaa vain hapontuoton ja neutraloinnin kokonaiskapasiteetteja, mutta ei anna kuvaa näiden kulumisnopeudesta suhteessa toisiinsa.

6.1.2 NAG-testi ja NAG-uutteen tutkimus

NAG-testillä määritetään nettohapontuottoa (*net acid generation*). NAG-testi hapettaa tehokkaasti näytteessä olevia sulfidimineraaleja. NAG-testin aikana tapahtuvassa sulfidien hapettumisessa vapautuu myös happamuutta, joka puolestaan reagoi karbonaattimineraalien ja reaktiivisten silikaattimineraalien kanssa. Tuloksena saadaan siis viitteitä myös ei-sulfidisten alkuaineiden (esim. alumiini, mangaani ja kromi) liukenemisesta reaktioiden seurauksena. NAG-uutteen pitoisuusmittauksen avulla saadaan selville ne aineet, jotka liukenevat läjityksestä sulfidien rapautumisen seurauksena. Metallisten haitta-aineiden pitoisuuksia voidaan määrittää NAG-testin uuttoliuoksesta pH:sta riippuen sekä ennen kiehumista tai kiehumisen jälkeen.

NAG-tutkimus tehdään ohjeen AMIRA P387A (Appendix D) mukaisesti. Tutkimus perustuu näytteen hapettamiseen vetyperoksidilla, jolloin haponmuodostus ja neutralisointireaktiot tapahtuvat samanaikaisesti. Pulverisoitu kaivannaisjätenäyte asetetaan reagoimaan vetyperoksidin kanssa ja ylimääräinen vetyperoksidi poistetaan kuumentamalla, mikä edistää neutralointikapasiteetin vapautumista ja neutraloinnin käynnistymistä. Kuumennusvaihe kuuluu testaukseen, mikä tehdään ohjeen AMIRA P387A (Appendix D) mukaan. Testin kuumennusvaihe voidaan myös jättää pois, jolloin reaktioaikaa pidennetään. Tämä siksi, että keittovaihe ajaa reaktioita liikaa emäksisiksi, kun

keittovaiheessa hiilidioksidi (CO_2) poistetaan. Kun pH ei enää laske, on saavutettu minimi-pH eli NAG-pH. Kuumennuksen jälkeen näyte titrataan emäksellä (yleensä natriumhydroksidi eli NaOH) pisteeseen, jossa pH on 4,5 tai 7. NaOH:n kulutuksesta saadaan laskettua nettohapontuotto (NAG) yksikössä $\text{kg H}_2\text{SO}_4/\text{t}$. NAG-testi tehdään yleensä ABA-testin rinnakkaismenetelmänä, osana kaivannaisjätteen suotoveden laatuun liittyvien riskien tunnistamista. Tuloksena NAG-testauksesta saadaan täten NAG-pH ja nettohapontuottopotentialiaali eli NAG-arvo.

NAG-testin yhteydessä voidaan analysoida NAG-uutteen eli NAG-testin loppuliuoksen pitoisuudet. Koska NAG-testi on lyhytkestoinen ja mineraalien hapettuminen tapahtuu äärimmäisen nopeasti, NAG-testin perusteella ei saada todenmukaista kuvaa aineiden vaiheittaisesta liukenemisesta. Lisäksi peroksidi hajoaa katalyyttisesti (metalli-ionit liuoksessa edistävät peroksidin hajoamista) ja peroksidin kulumisen takia on myös mahdollista, että sulfidit eivät hapetu täydellisesti yksivaiheisen NAG-testin aikana. Tulosten tulkinnassa tulee noudattaa varovaisuutta myös pH:n noustessa erityisen korkeaksi, sillä kyseinen tilanne saattaa mahdollistaa näytteelle muutoin epätyypillisiä saostumisreaktioita. Tätä voidaan pyrkiä välttämään luopumalla kuumennusvaiheesta, kuten yllä on kuvattu.

6.1.3 Ravistelutestit

Ravistelutesti ei ole varsinaisesti kaivannaisjätteen tutkimusmenetelmä. Ravistelutesti on kuitenkin Suomessa melko vakiintunut osa kaivannaisjätteiden testausta eikä siitä ole toistaiseksi vielä luovuttu, vaikka sen tuottama hyöty kaivannaisjätetutkimuksessa jääkin usein vähäiseksi.

Muiden jätteiden kuin kaivannaisjätteiden tarkastelussa ravistelutestejä käytetään kaatopaikalle sijoitettavan jätteen luokittelussa. Testin perusteella jäte luokitellaan loppusijoituskelpoiseksi joko pysyvän, vaarattoman tai vaarallisen jätteen kaatopaikalle (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista, VNA 331/2013). Kaivannaisjätteen jätealueita ei kuitenkaan luokitella pysyvän, vaarattoman tai vaarallisen jätteen kaatopaikoksi vaan kaivannaisjätteiden jätealueet ovat joko suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavia jätealueita tai muita kaivannaisjätealueita. Ravistelutestin perusteella ei myöskään luokitella jätettä vaarattomaksi tai vaaralliseksi jätteeksi, sillä ravistelutesti on liukoisuustutkimus.

Kaksivaiheisessa ravistelutestissä (standardi EN 12457-3) käytetään uuttoliuoksena deionisoitua vettä. Testi koostuu kahdesta peräkkäisestä uutosta. Ensimmäinen ravistelu tehdään L/S 2-suhteessa ja toinen L/S 8-suhteessa. L/S-suhde kuvaa nesteiden ja kiinteän aineksen suhdetta. Molemmista uutteista määritetään metallit ja tarvittaessa anionit (kloridi, fluoridi ja sulfaatti), pH, sähkönjohtokyky ja liuennut orgaaninen hiili (DOC). Tulokset ilmoitetaan kuiva-ainetta kohti sekä L/S 2- että kumulatiivisessa eli laskennallisessa L/S 10-suhteessa.

Materiaaleille voidaan myös tehdä yksivaiheinen ravistelutesti EN 12457-4. Tämä uutto tehdään suoraan uutusuhteessa L/S 10 deionisoidulla vedellä. Molemmat em. ravistelutestimenetelmät ovat säädösmielessä hyväksyttäviä. Ravistelutestimenetelmän

valinta riippuu mm. tutkittavan näytteen raekoosta ja uutoksen suodattuvuudesta. Ensisijaisesti käytetään kaksivaiheista ravistelutestiä (VNA 331/2013).

Ravistelutestillä saadaan selville, mitä aineita näytteestä voi vapautua ilman hapettumisreaktioiden vaikutusta. Testi voi siten antaa kuvan siitä, mitä aineita suotovesissä voi esiintyä jo lyhyellä aikavälillä, mutta kvantitatiivisessa kaivannaisjätteitä koskevan vedenlaadun arvioinnissa ravistelutestiä ei käytetä. Ravistelutestiä käytetään toisinaan myös eräänä osana peräkkäisuuttosarjaa, selvitettäessä eri aineiden esiintymismuotoja ja mobilisaatoriskejä vanhemmasta erilaisille olosuhteille altistuneesta kaivannaisjätteestä.

6.1.4 Kuningasvesiuutto alkuainepitoisuuksien arvioinnissa

Epäorgaanisista haitallisista aineista kuningasvedellä pyritään uuttamaan muut kuin vaikeasti silikaattimineraaleihin sitoutuneet metallit (YM 2014). Kuningasvesiuutto toteutetaan standardin SFS ISO 11466 mukaisella tavalla väkevän suolahapon (HCl) ja typpihapon (HNO₃) seoksella. Kuningasvesiuutto tehdään kaivannaisjätteelle aina, sillä kyseessä on kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) mukainen vaatimus. Kaivannaisjäteasetuksen liitteessä 1 viitataan PIMA-asetuksen (214/2007) kuningasvesiuuttoon perustuviin kynnysarvoihin osana kaivannaisjätteen luokittelua pysyväksi tai ei-pysyväksi jätteeksi.

6.1.5 Nelihappouutto alkuainepitoisuuksien arvioinnissa

Kaivannaisjätteiden karakterisoinnissa käytetään myös nelihappouuttoa, joka on hajotusmenetelmänä kuningasvesiuuttoa tehokkaampi ja voi tuottaa kuningasvesiuuttoa suurempia pitoisuuksia. Nelihappouutossa käytetään suolahappoa (HCl), typpihappoa (HNO₃), vetyfluoridihappoa (HF) ja kloorihappoa (HClO₃). Nelihappouuton tuloksia esitetään kuningasvesiliukoisten metalli- ja metalloiditulosten yhteydessä vertailevana. On huomioitavaa, että nelihappouuton tulosten vertailu PIMA-asetuksen mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin ei ole kaivannaisjäteasetuksen 190/2013 liitteen 1 mukainen menettely. Nelihappouuton tulosten vertaamista kuningasvesiuuttoon perustuviin raja-arvoihin voidaan pitää konservatiivisena, eli varovaisuusperiaatteen mukaisena lähestymistapana, sillä nelihappouutto on pääsääntöisesti uuttona ”ylitehokas” tähän käyttötarkoitukseen.

Nelihappouuton käyttö kaivannaisjätteiden kokonaispitoisuuksien arvioinnissa liittyy siihen, että malminetsinnässä nelihappouutto on vakiintunut analyysimenetelmä. Esimerkiksi prosessijätteen ja malmin tutkiminen yhteisellä menetelmällä voi helpottaa kokonaisuuden hallintaa, sillä malmin vaihtelun vaikutusta rikastushiekan laatuun on helpompi arvioida käytettäessä yhteistä menetelmää.

6.1.6 Kosteuskammiokoe

Kosteuskammiokoe on ensisijainen testimenetelmä silloin, kun tarvitaan tietoa sulfidimineraalien hapettumisesta ja hapettumistuotteista pitkällä aikavälillä. Kosteuskammiokoe on hyödyllinen myös ei-happoa tuottavien kaivannaisjätteiden

tarkastelussa, kun tuotetaan syötetietoa suotovesien laadun arviointiin. Kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) kaivannaisjätteen ominaisuuksien määrittelyä koskeva liite 3 edellyttää kineettistä testausta sulfidipitoiselle jätteelle.

Kosteuskammiokoe (ASTM D5744) on pitkäaikainen kineettinen koe (kesto vaihtelee tarpeen mukaan 20 viikosta useisiin vuosiin). Kosteuskammiokokeessa näytettä altistetaan viikoittain sekä hapettumiselle että vesihuuhtelulle. Ensimmäinen huuhtelu tehdään kokeen alkaessa. Läpivirrannut huuhteluvesi tutkitaan ja tuloksia tarkastellaan aikasarjana. Viikkoliuosten pitoisuuksia voidaan käyttää syötetietona suotoveden laadun arvioinnissa. Koko testin aikasarjasta valitaan tiedon käyttökohteen kannalta olennainen. Esimerkiksi tuotannon ajalle lasketaan alkupäästä joidenkin kymmenien viikkojen keskiarvo, kun taas sulkemiselle myöhemmästä vaiheesta useiden kymmenien viikkojen keskiarvo. Myös näytteen reagointinopeus vaikuttaa aikasarjan valintaan. Näytteissä havaitaan usein samoja prosesseja samassa järjestyksessä, mutta nopeasti reagoivissa materiaaleissa prosessit tapahtuvat nopeutetusti.

On muistettava, että kosteuskammiokokeen tulos on suotoveden laatuarvioinnin syötetieto, mutta ei koskaan suoraan suotoveden laatu. Todellisella kaivannaisjätealueella vesi ja kiintoaine kohtaavat eri määrasuhteissa ja eri lämpötilassa kuin laboratoriossa. Lisäksi sivukiven raekoko poikkeaa kosteuskammiokokeessa käytettävästä raekoosta. Kaivannaisjätealueen ja laboratoriokokeen välillä voi olla myös muita olosuhde-eroja.

Erityisen tärkeä kosteuskammiokokeesta saatava tulos on neutralointikapasiteetin ja hapontuottokapasiteetin ajallinen suhde. Neutralointikapasiteetti voi kulua loppuun hapontuottokapasiteettia nopeammin, vaikka neutralointikapasiteetti olisi moninkertainen hapontuottoon nähden, ja vaikka staattisen testauksen (NAG- ja ABA-tutkimukset) perusteella näyte ei olisi happoa tuottava.

Kosteuskammiokokeen tulokset kuvaavat jättemateriaalien rapautumista (ml. hapettumisreaktiot), tehostetuissa olosuhteissa. Rikastusprosessissa muodostuvien hienojakoisten, vedellä kyllästyneisiin olosuhteisiin läjitettävien rikastusjätteiden osalta kosteuskammiokokeen olosuhteet eivät kuitenkaan mahdollista niitä prosesseja, jotka tapahtuvat syvemmällä rikastushiekkakerroksessa, missä hapen määrä on rajallinen. Näissä olosuhteista tapahtuvia muutoksia kaivannaisjätealueilla voidaan saada lisätietoa mm. alavirtaus-kolonnikokeella, modifioituilla testeillä ja/tai geokemiallisella mallintamisella.

6.1.7 Mineraloginen analyysi

Mineralogiaa voidaan tarkastella sekä laadullisin että määrällisin menetelmin. Ensin mainitussa tunnistetaan mineraalit ja jälkimmäisessä mineraalien tunnistamisen lisäksi muodostetaan kuva mineraalien määrasuhteista. Lisäksi menetelmästä riippuen joko tunnistetaan mineraaleja tai tunnistamisen lisäksi tuotetaan tietoa myös mineraalien alkuainekoostumuksesta. XRD-menetelmä (röntgendiffraktometria, *x-ray diffractometry*) on perusmineraloginen tutkimus, jolla saadaan tietoa aineksen rakenteesta ja mineraalikoostumuksesta.

XRD-menetelmä (röntgendiffraktio) on nopea menetelmä, mutta epätarkka. Saatua "summaspektriä" verrataan kirjastossa olevien mineraalien spektreihin ja siten iteroidaan mineraloginen koostumus. Tällöin tulkinta riippuu huomattavasti käytetyistä oletuksista mineralogian suhteen. Toistuva XRD-analyysi antaa tilastollisesti merkittävää tietoa mineralogisen koostumuksen vaihtelusta, mutta tuloksissa voi olla systemaattista virhettä.

Muilla mineralogisilla menetelmillä (SEM, EPMA ja optinen mikroskopia) tutkimus kohdistuu yhteen pieneen osaan kiveä (esim. $\sim 10 \text{ cm}^2$), joten tutkittavan kohdan yksittäinen vaikutus tuloksiin on merkittävä. Pyyhkäisyelektronimikroskoopi (SEM) skannauksella yhdistettynä EDX-detektoriin (energiadispersiivinen röntgensäde) saadaan tietoa kemiallisesta koostumuksesta. SEM-laitteiston tulokset perustuvat kemiaan, joten kiderakennetta ei voida selvittää toisin kuin optisella mikroskopiolla (ja XRD-menetelmällä), jolla kiderakenteen selvittäminen on mahdollista. Elektronimikroanalysaattori (EPMA) on resoluutioltaan SEM-laitteistoa (pyyhkäisyelektronimikroskoopi) parempi eli sen tulokset ovat ainoita, joista saadaan tietoa eri mineraalien hivenainemääristä. Nämä menetelmät soveltuvat käytettäväksi täydentämään rutiininomaisesti tehtävien menetelmien tuloksia sekä tulosten tulkinnan tukena.

6.2 Pintamaan ominaisuudet

Pintamaalla tarkoitetaan maaperän orgaanisia ja epäorgaanisia maalajeja, kuten turvetta ja kivennäismaalajeja (esim. moreenia). Näitä maa-aineksia irrotetaan kaivosalueella esim. rakentamisen yhteydessä. Maa-aineksia voidaan hyödyntää rakentamisessa ja maisemoinnissa. Maa-aines, jota ei hyödynnetä tai hyödynnetään myöhemmin, läjitetään tai varastoidaan sille varatuille läjitysalueille.

Alueen maaperä on pääosin huonosti vettä johtavaa moreenia (Saarelainen ja Räisänen 2001, Infrasuunnittelu Oy 2020).

Lahnaslammen kaivosalueen maaperän luontaisessa koostumuksessa on tunnistettavissa kallioperän mustaliuskeiden ja ultramafisten kivien koostumus. Tämä heijastuu kohonneina rauta-, rikki-, sinkki- ja nikkelpitoisuuksina erityisesti rapakallio- ja hienoainesmoreenin sekä sulfidipitoisten liejujen ja turpeiden koostumuksessa. Moreenin nikkelpitoisuus kaivosalueella ja sen lähiympäristössä vaihtelee välillä 5–117 mg/kg ja rikkipitoisuus välillä 50–2 750 mg/kg. Hiesun ja lustosaven nikkeli- ja rikkipitoisuudet ovat keskimäärin samaa suuruusluokkaa, mutta sulfidipitoisten liejujen ja turpeiden pitoisuudet ovat moreenia alhaisempia. (Ramboll Finland Oy, 2015)

Rikastushiekka-altaiden pohjaan rajoittuvassa moreenikerroksessa nikkelpitoisuus on Soidinsuon altaalla korkeampi ja Papinlammen altaalla matalampi kuin allasaluetta ympäröivissä maakerroksissa. Arseenipitoisuudet ovat altaan alapuolisessa moreenissa ympäristöä alhaisempia. Allasaluetta ympäröivien moreenien Ni- ja As-pitoisuudet vastaavat alueen luonnollisia pitoisuustasoja. (Ramboll Finland Oy, 2015)

Lahnaslammen kaivosalueen luontaisessa maaperän koostumuksessa on kohonneita raudan, sinkin, nikkelin ja rikin pitoisuuksia. Nikkelpitoisuus ylittää osin valtioneuvoston

maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista antaman asetuksen (PIMA-asetus, 214/2007) mukaisen nikkelin kynnysarvon (50 mg/kg) ja alemman ohjearvon (100 mg/kg). (Ramboll Finland Oy, 2015)

Vuonna 2024 Sotkamon kaivoksen maanlajitysalueella tutkittiin seitsemän tutkimuspisteen 62 maaperänäytteestä läjitysalueen maapeitteen paksuutta ja maa-aineksen laatua. Näytteistä määritettiin aistinvaraisesti maalaji, kosteus ja aineksen koostumusta (jäte-fraktiota). Tutkimuspisteet esitetään kuvassa 6-1.

Kaikista näytteistä mitattiin metallit XRF-kenttäanalyysointilaitteen avulla. 12 näytteestä määritettiin kuningasvesiuutolla standardin SFS-EN ISO 54321:2021 mukaisesti metalli- ja metalloidipitoisuuksia ja ABA-testillä hapontuotto-ominaisuuksia. (AFRY Finland Oy 2024c)

Vuoden 2024 tutkimuksissa kairapisteet ulottuivat 3 m – 17 m välisille syvyyksille. Tutkimuspisteissä 5 ja 7 kairaukset ulottuivat kolmen metrin syvyyteen asti kovan pohjan, kuten kiven tai kallion takia. Tutkimusalueella maaperä koostuu pääasiassa silttisestä tai hiekkaisesta moreenista, jonka seassa on paikoin turvetta ja vaaleaa maa-ainesta, joka oli mahdollisesti talkkia. (AFRY Finland Oy 2024c)



Kuva 6-1. Sotkamon kaivoksen vanhalta maanläjitysalueelta otettujen näytteiden näytepisteiden sijainnit (AFRY Finland Oy 2024c)

Vuonna 2024 tehdyissä XRF-kenttämittauksissa ei havaittu yhdessäkään näytteessä antimonia eikä kobolttia (Taulukko 6-1). Lisäksi vain yhdelle näytteelle saatiin kadmiumin pitoisuus, ja kolmelle näytteelle elohopean pitoisuus. Tarkemmat näytekohtaiset XRF-mittauksen tulokset on esitetty liitteessä 1. Arseenin ja kromin osalta kolmen näytepisteen mediaanipitoisuudet ylittivät ylemmän ohjearvon, ja nikkelin kohdalla ylitys tapahtui viidessä näytepisteessä. Lisäksi arseenin ja sinkin osalta kolmen näytepisteen maksimipitoisuudet ylittivät ylemmän ohjearvon. Kromin osalta ylempi ohjearvo ylittyi kuuden näytepisteen maksimiarvoissa, ja nikkelin osalta kaikissa seitsemässä näytepisteessä. Kuparin ja elohopean osalta ylempi ohjearvo ylittyi kahden näytepisteen maksimiarvoissa. Alemmat ohjearvot ylittyivät arseenin maksimiarvojen osalta kahdessa näytteessä ja sinkin osalta yhdessä näytepisteessä. Mediaaniarvojen osalta alemmat ohjearvot ylittyivät kahdessa näytepisteessä nikkelin, ja yhdessä näytepisteessä sinkin sekä kadmiumin osalta. Kynnysarvot ylittyivät useammassa näytepisteessä arseenin ja

kromin osalta, kahdessa näytepisteessä kuparin osalta sekä yhdessä näytepisteessä sinkin ja vanadiini osalta. (AFRY Finland Oy 2024c)

Taulukko 6-1. Sotkamon kaivoksen metallipitoisuudet XRF-kenttämittarilla. Taulukossa on esitetty mittaustulosten mediaani- ja maksimipitoisuus eri näytepisteillä. - = pitoisuutta ei havaittu XRF-mittauksissa. Vertailuna on käytetty PIMA-asetuksen (214/2017) kynnys- ja ohjearvoja. Taustapitoisuuden osalta on käytetty taustapitoisuusrekisterin pitoisuuksia (TAPIR 2024). Taustapitoisuuksien näytemäärä on 172, paitsi vanadiinilla n=171 (15 km säde). *Taustapitoisuudet 50 km säteellä arseenille (n= 31); kadmiumilla, elohopealla ja antimonilla (n=39) sekä lyijylle (n= 33). n=näytemäärä

Metallit ja metalloidit, kokonaispitoisuudet									
	As	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Hg	Cd	V
Taustapitoisuus	0,91*	27	22	3*	18	28	0,01*	0,03*	29
SSTP	1,7*	48	48	32*	36	57	0,11*	0,07*	57
Kynnysarvo	5	100	100	60	50	200	0,5	1	100
Alempi ohjearvo	50	200	150	200	100	250	2	10	150
Ylempi ohjearvo	100	300	200	750	150	400	5	20	250
Näytepiste	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	med.	7,5	170	31	9,9	160	110	-	48
	maks.	35	810	61	12	720	360	-	64
	n	11	12	12	12	12	12	0	12
2	med.	14	130	62	13	130	290	7	71
	maks.	20	150	110	22	180	610	7	88
	n	5	5	5	5	5	5	1	5
3	med.	27	200	38	9,9	210	110	-	51
	maks.	77	550	61	14	490	170	-	59
	n	18	18	18	18	18	18	0	18
4	med.	16	100	36	11	110	91	5,9	56
	maks.	68	400	220	15	640	740	5,9	120
	n	17	17	17	17	17	17	2	17
5	med.	150	1600	24	-	1100	100	-	21
	maks.	170	1800	130	-	1200	200	-	33
	n	3	3	3	0	3	3	0	3
6	med.	190	1300	32	10	1300	120	-	20
	maks.	230	1400	270	11	1500	620	-	58
	n	4	4	4	2	4	4	0	4
7	med.	110	1100	27	-	1300	87	-	13
	maks.	140	1200	27	-	1500	100	-	16
	n	3	3	1	0	3	3	0	3

Taulukossa 6-2 on esitetty Sotkamon kaivosalueen maanäytteiden metalli- ja metalloidipitoisuudet kuningasvesiliukoisina pitoisuuksina. Taulukon ohje- ja kynnysarvot ovat PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaisia. Tuloksia on vertailtu taustapitoisuusrekisterin vastaaviin pitoisuuksiin, jotka ovat määritetty kuningasvesiuutolla. Tuloksista havaitaan, että elohopean ja lyijyn pitoisuudet jäivät alle PIMA-asetuksen kynnysarvojen. Arseenin, kromin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet ylittävät useammassa näytteessä niin kynnys- kuin ohjearvot. Kadmiumin, koboltin, kuparin,

antimonin ja vanadiinin osalta ylityksiä on vähemmän tai ne ovat vähäisempiä. Laskettaessa kaikkien näytteiden keskiarvot eri alkuaineille, niin tällöin kokonaisuudessaan läjitetyn materiaalin keskiarvopitoisuudet ylittävät kynnysarvon kaikkien muiden pitoisuuksien paitsi kuparin, elohopean, lyijyn ja vanadiinin osalta. Näiden keskiarvopitoisuudet ovat alle PIMA-asetuksen kynnysarvon koko materiaalille laskettuna.

Taulukkoon on tuotu taustapitoisuusrekisteristä Sotkamon kaivosalueesta 15 km säteellä haettujen pitoisuuksien mediaanipitoisuudet (Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn). Rekisteristä saa esille pitoisuudet, kun näytemäärä ylittää 30 näytteen rajan. Toisin sanoen 15 km:n tarkastelusäteellä ei ole riittävästi näytteitä arseenin, kadmiumin, elohopean, lyijyn ja antimonin osalta, jolloin näiden alkuaineiden taustapitoisuus tarkastellaan 50 km:n kilometrin säteellä. Pienemmällä säteellä taustapitoisuuksien tilastollisten tunnuslukujen laskentaan tarvittava näytemäärä ei olisi ollut riittävä. Tarkastelusäde 15 km on soveltuva arvioitaessa lähialueen taustapitoisuuksia. Suurempi tarkastelusäde vähentää anomaalista pitoisuusvaikutusta maaperän taustapitoisuuksissa. Kaikkien kynnysarvon ylittäneiden alkuaineiden osalta taustapitoisuusrekisteri antoi huomattavasti alemmat SSTP-arvot kuin kaivosalueella. Mataliin taustapitoisuuksiin on voinut vaikuttaa näytteiden vähäinen määrä metalliprovinssin sisältä, ja ero näytteenottoisyvyyksissä.

Taulukko 6-2. Sotkamon kaivosalueen läjitysalueen aineksen metalli- ja metalloidipitoisuudet vuonna 2024 tehdyssä tutkimuksessa (AFRY Finland Oy 2024c). Vertailuna on käytetty PIMA-asetuksen (214/2017) kynnys- ja ohjearvoja sekä taustapitoisuuden osalta taustapitoisuusrekisterin pitoisuuksia (TAPIR 2024). Taustapitoisuuksien näytemäärä on 172, paitsi vanadiinilla n=171 (15 km säde). *Taustapitoisuudet 50 km säteellä arseenille (n= 31); kadmiumilla, elohopealla ja antimonilla (n=39) sekä lyijylle (n= 33). NP=näytepiste

	Metallit ja metalloidit, kokonaispitoisuudet										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Taustapitoisuus	0,91*	0,03*	7,0	27	22	0,01*	18	3*	0,03*	30	28
SSTP	1,7*	0,07*	14	48	48	0,11*	36	32*	0,12*	57	57
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
NP 1, 1–2 m	29	0,18	30	250	53	<0,01	650	8,4	0,37	86	270
NP 1, 9–10 m	5,1	0,35	15	89	38	<0,01	160	5,1	0,13	49	99
NP 2, 1–2 m	11	1,7	23	88	75	0,03	150	10	1,8	110	490
NP 3, 0–0,5 m	83	1,7	27	210	60	0,017	350	6,3	1,4	62	150
NP 3, 8–9 m	89	0,44	32	160	57	0,014	500	5,9	1,6	36	100
NP 3, 13–14 m	36	0,36	23	160	33	<0,01	300	5,5	0,7	43	90
NP 4, 0–1 m	50	15	36	190	190	0,14	610	20	3,9	200	780
NP 4, 7–8 m	75	0,38	30	290	28	0,012	460	4,5	1,7	30	150
NP 4, 14–15 m	11	0,34	12	77	36	0,017	95	6	0,32	54	86
NP 5, 2–3 m	160	0,15	44	820	33	<0,01	1000	2,3	2,3	33	46
NP 6, 3–3,3 m	65	1,7	150	330	340	0,035	1600	12	3,7	56	620
NP 7, 1–2 m	110	0,18	66	410	14	<0,01	1300	1,2	3,2	11	42

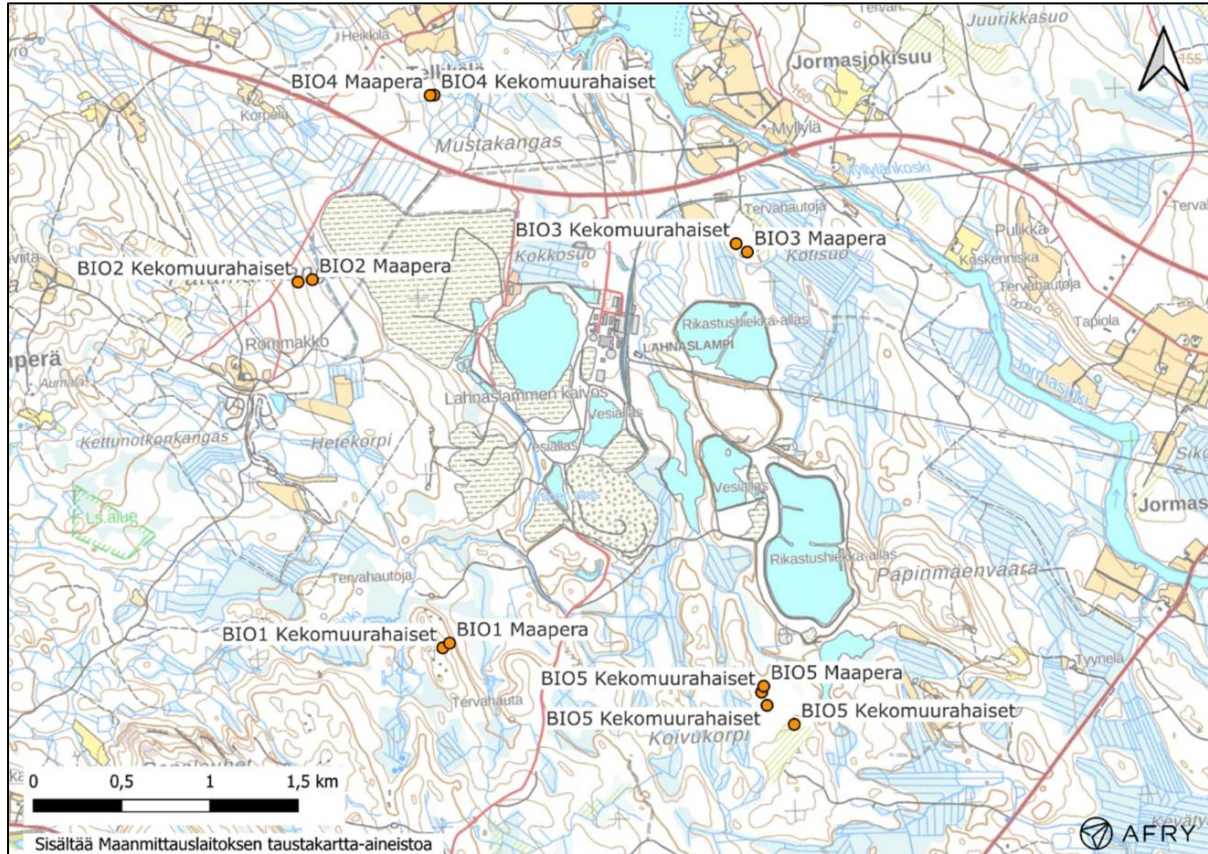
Taulukossa 6-3 puolestaan esitetään Sotkamon kaivoksen läjitysalueen aineksen ABA-testin tulokset: rikin kokonaispitoisuus sekä neutralointipotentiaalisuhde NPR, mukaan lukien haponmuodostuspotentiaali (AP) ja neutralointipotentiaali (NP). Tulosten perusteella näytteiden kokonaisrikkipitoisuus vaihtelee välillä 0,11 % – 4,99 %, ollen keskimäärin hieman alle 1 % (0,99 %). Läjitysalueen tutkitussa aineksessa on paikoin runsaasti haponmuodostuspotentiaalia, etenkin näytepisteen 4 pintaosan (0–1 m) näytteessä, joka näytteenottotietojen koostuu murskeesta ja tummasta maa-aineksesta. Kyseissä näytteessä ei ole neutralointipotentiaalia lainkaan, joten neutralointipotentiaalisuhdeluku (NP/AP) on alle 0,1. Kaikissa näytteissä NPR-arvo on matala, joten näytteissä ei ole happamuutta neutraloivaa potentiaalia. Näiden tulosten perusteella kaikki näytteet ovat mahdollisesti happoa muodostavia.

Taulukko 6-3. Sotkamon kaivosalueen läjitysalueen rikin kokonaispitoisuus sekä neutralointipotentiaalisuhde NPR, mukaan lukien haponmuodostuspotentiaali (AP) ja neutralointipotentiaali (NP).

	S kok	AP	NP	NPR
Määrittäysraja	0,01	0,32		
	%	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t	
NP 1, 1–2 m	0,11	3,4	0,18	<0,1
NP 1, 9–10 m	0,19	5,9	0,96	0,16
NP 2, 1–2 m	1,07	33	-0,56	<0,1
NP 3, 0–0,5 m	1,14	36	3,4	<0,1
NP 3, 8–9 m	0,37	12	2,1	0,18
NP 3, 13–14 m	0,26	8,1	4	0,49
NP 4, 0–1 m	4,99	160	-0,68	<0,1
NP 4, 7–8 m	0,19	5,9	1,6	0,27
NP 4, 14–15 m	0,35	11	0,82	<0,1
NP 5, 2–3 m	0,76	24	13	0,55
NP 6, 3–3,3 m	1,9	59	9,4	0,16
NP 7, 1–2 m	0,54	17	8,4	0,5

Vuonna 2023 kaivosalueen bioindikaattoritarkkailun (Kuva 6-2) yhteydessä otettiin viidestä pisteestä pintamaanäytteet kivennäismaasta (moreeni) 0–10 cm:n syvyydeltä, poikkeuksena yksi näyte, BIO5, joka otettiin 20–30 cm:n syvyydeltä. Näytteistä määritettiin metalli- ja metalloidipitoisuudet kuningasvesiuutolla. Näytepisteessä BIO5, syvemmillä pintamaassa, pitoisuudet olivat kaikkien tutkittujen muuttujien osalta suurempia kuin ylempänä kivennäismaassa. Arseenin pitoisuus vaihteli alle määrittäysrajan (<0,7 mg/kg) pitoisuudesta pitoisuuteen 3,5 mg/kg, kromin pitoisuus vaihteli välillä 2,3 – 55,2 mg/kg, kuparin pitoisuus vaihteli välillä alle määrittäysrajan (<1,4 mg/kg) pitoisuudesta 20,5 mg/kg -pitoisuuteen, nikkelin pitoisuus vaihteli välillä alle määrittäysrajan (<0,5 mg/kg) pitoisuudesta 32,4 mg/kg -pitoisuuteen sekä lyijy vaihteli välillä 2,3–8,1 mg/kg. Kadmiumin ja elohopean pitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle määrittäysrajan. Taulukkoon 6-4 on koottu em. viiden näytteen keskiarvopitoisuudet

(mg/kg) kuiva-aineessa (KA.) sekä taustapitoisuusrekisteristä 15 km:n säteellä kaivosalueesta haetut tiedot (TAPIR 2024). Tulosten perusteella kaivosalueen ympäristössä pintamaan pitoisuudet ovat pienempiä kuin taustapitoisuusrekisterissä.



Kuva 6-2. Bioindikaattoritarkkailun seurantapisteen kartalla (AFRY Finland Oy 2023b). Vuonna 2023 tarkkailussa otettiin kaivosalueen ympäristöstä maaperän pintamaasta kivennäismaanäytteet alkuainemäärityksiin.

Taulukko 6-4. Sotkamon kaivosalueen ympäristön maaperän metallien ja metalloidien keskimääräiset pitoisuudet (kuningasvesiuutto) vuonna 2023 (AFRY Finland Oy 2023b). Vertailuna on taustapitoisuusrekisteristä pitoisuudet (TAPIR 2024). Taustapitoisuuksien näytemäärä on 172, paitsi vanadiinilla n=171 (15 km säde). *Taustapitoisuudet 50 km säteellä arseenille (n= 31); kadmiumilla, elohopealla ja antimonilla (n=39) sekä lyijylle (n= 33). n.d. = ei määritystä.

Metallit ja metalliloidit, kokonaispitoisuudet											
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Taustapit. med.	0,91*	0,03*	7,0	27	22	0,01*	18	3*	0,03*	30	28
SSTP	1,7*	0,07*	14	48	48	0,11*	36	32*	0,12*	57	57
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Vuosi 2023											
Kivennäismaa ka. (n=5)	1,3	<0,3	n.d.	18	6,5	<0,2	8,1	4,0	n.d.	n.d.	17

6.3 Sivukivien ominaisuudet

6.3.1 Sivukivien näytteenotto ja analyysit

Sivukiven mineralogialla, geologialla ja geokemiallisia ominaisuuksia on selvitetty Punasuon louhoksen sivukivistä. Lahnaslammen ja Punasuon louhokset sijaitsevat vierekkäin ja niiden kivet ovat laadultaan samankaltaisia. Alla olevissa kappaleissa (6.3.2...6.3.4) on esitetty vuosien 2015 ja 2023 näytteenottokerran analyysitulokset.

Vuoden 2015 selvitys

Kesällä 2015 Punasuon kaivoksen sivukivistä otettiin kokoomanäytteet kiilleliuskeesta (MS), mustaliuskeesta (BS), epäpuhtaasta talkkimalmista (ITM) ja serpentiniittibreksiasta (SPB). Näytteistä tutkittiin SGS Inspection Services Oy:n sekä SGS Canada Inc:n laboratorioissa mm. alkuaineiden (menetelmä ISO 11885, ICP-AES), haitta-aineiden liukoisuuksia (2-vaiheinen ravistelutesti, SFS-EN 12457-3) sekä mahdollista hapontuottopotentiaalia (ABA-testi, SFS-EN 15875). (Ramboll Finland Oy 2015). Alkuaineanalyysin hajotusmenetelmä ei ole tiedossa, mutta sen oletetaan olevan kuningasvesiuutto.

Vuoden 2023 selvitys

Elementisin toimittaman kairasydänten analyysitulosaaineiston perusteella tehtiin kivilajikohtainen tilastollinen analyysi eri alkuaineiden pitoisuuksista kivilajikohtaisesti. Punasuon ja Lahnaslammen louhosten seinämien kivilajijakauman sekä Punasuolta

louhittavan sivukiven kivilajijakauman perusteella valittiin analysoitavat kivilajinäytteet sekä näytteiden lukumäärä per kivilaji siten, että seuraavan vaiheen analyysituloksia voidaan luotettavasti käyttää edustamaan kutakin kivilajia. Serpentiinitibreksiasta ei muista kivilajeista poiketen valittu näytettä kokeisiin sen pienen osuuden vuoksi (7 % louhosseinämän kokonaispinta-alasta, Taulukko 6-5). Serpentiinitibreksiaa on sijoitettu pääosin Lahnaslammen louhosjärveen. Lahnaslammen sivukivialueelle on läjitetty myös jonkin verran serpentiinitibreksiaa, mutta sen osuus sivukivialueelle läjitetystä kokonaismassasta on pieni, noin 0,3 % (Taulukko 5-2).

Kairasydänaineiston tilastollisen tarkastelun perusteella tunnistettiin kivilajeittain merkityksellisten alkuaineiden jakauma, jonka perusteella staattiseen testaukseen valitaan seitsemän sivukivinäytettä, joista analyysitulosten perusteella valittiin 5 näytettä edelleen kosteuskammiokeisiin. Staattisiin testeihin lähetettiin alla kuvattu näytteet.

Talkkimagnesiitti ja epäpuhdas talkkimagnesiitti -kivistä kolme näytettä:

- Keskimääräinen nikkelpitoisuus ja rikkipitoisuus, Ni n. 1500 ppm ja S n. 1 %
- Korkea Ni ja S, Ni >1700 ppm, S >2,2 % (molemmat ylin 25 % näytteistä)
- Korkea nikkeli ja keskimääräinen/matala rikkipitoisuus, Ni >1500 ppm, S <0,6 %

Kiilleliuskeesta kaksi näytettä:

- Rikkipitoisuus n. 0,3 % ja >0,5, nikkelpitoisuus on vähäinen/kohtalainen kaikissa näytteissä verrattuna muiden kivilajien rikkipitoisuuteen.

Mustaliuskeesta kaksi näytettä:

- Nikkelpitoisuus <500 ppm ja rikkipitoisuus n. 6 %
- Nikkelpitoisuus >1000 ppm ja rikkipitoisuus >8 %

6.3.2 Sivukivien mineralogia

Lahnaslammen ja Punasuon talkkiesiintymien sivukivet ovat samantyyppisiä. Punasuon louhoksen seinämien kivilajijakauma on esitetty taulukossa 6-5. Sivukivialueelle läjitettyjen sivukivien kivilajijakauma on esitetty kappaleessa 5.3, taulukossa 5-2.

Taulukko 6-5. Punasuon avolouhoksen seinämien kivilajien pinta-alajakauma.

Kivilaji	Kivilajikoodi	Osuus kokonaisalasta
Kiilleliuske	MS	37 %
Mustaliuske	BS	27 %
Talkkimagnesiitti	TM	21 %
Serpentiinitibreksia	SPB	7,1 %
Epäpuhdas talkkimagnesiitti	ITM	5,7 %
Karsi	SK	2,1 %
Grafiittipitoinen kiilleliuske	GS	0,015 %
Yhteensä		100 %

Punasuon louhoksen sivukivien mineralogiaa on tutkittu vuonna 2023 otetuista sivukivinäytteistä XRD- ja SEM-EDX -menetelmillä (taulukot 6-6 ja 6-6, Geochemic 2024 ja Petrolab 2024). SEM-EDX -menetelmä perustuu pieneen määrään näytettä ja siksi on edustavuudeltaan heikohko vaikka menetelmän herkkyys (havaitsemisraja) on yleisesti XRD -menetelmää parempi. Menetelmien välillä on eroja eri mineraalien prosentuaalisissa osuuksissa, mutta mineraalijakaumat ovat pääsääntöisesti yhtenevät kaikille näytteille.

Talkkimagnesiitissa ja epäpuhtaassa talkkimagnesiitissa on runsaasti neutralointikykyisiä karbonaattimineraaleja. Epäpuhtaassa talkkimagnesiitissa (näyte ITM) päämineraaleina esiintyy magnesiittiä, talkkimineraaleja sekä kloriittiä. Talkkimagnesiitinäytteissä (TM1 ja TM2) päämineraalit vaihtelevat. Molemmissa näytteissä päämineraaleina esiintyy talkkiryhmän mineraaleja ja kloriittiä. Näytteessä TM1 on lisäksi päämineraalina magnesiitti. Näytteessä TM2 on puolestaan päämineraalina dolomiittiä. Molemmissa talkkimagnesiitteissa on myös pyrrotiittiä ja pyriittiä. Näyte TM2 ei edusta talkkimagnesiitin keskimääräistä laatua, vaan näyte on valittu edustamaan korkean rikkipitoisuuden talkkimagnesiittiä kaivannaisjätteiden pitkäaikaistestauksessa.

Kiilleliuskenäytteissä päämineraaleina esiintyy kvartsia, maasälpää ja kiilteitä. Toisessa kiilleliuskenäytteessä (MS2) päämineraaleihin lukeutuu lisäksi kloriitti ja toiseen pyrrotiitti. Näytteessä MS1 on myös XRD-menetelmä havaittu grafiittiä.

Mustaliuskeessa on runsaasti sulfidimineraaleja. Sulfidimineraalien lisäksi se koostuu pääasiassa kvartsista, kloriitista ja alumiinisilikaateista (maasälpä, kiilteet). Mustaliuskeessa karbonaattimineraaleja on alle 1 %.

Taulukko 6-6 Punasuon sivukivien mineralogia XRD-menetelmällä (Geochemic 2024). ITM = epäpuhtas talkkimagnesiitti, TM = talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske ja BS = mustaliuske. Tulokset ovat näytekohtaisia.

	ITM	TM 1	TM 2	MS 1	MS 2	BS 1	BS 2
	m-%	m-%	m-%	m-%	m-%	m-%	m-%
Talkki	31	59	37	TR	-	TR	2,3
Kvartsi	TR	TR	1,2	38	40	45	-
Kiilteet	-	-	-	24	14	-	46
Plagioklaasi	-	-	-	27	32	20	-
Magnesiitti	57	18	1,5	-	-	-	-
Dolomiitti	3,5	6,2	41	-	-	-	-
Kloriitti	7,2	13	8,5	3,2	TR	10	7,1
Pyrrotiitti	1,6	4,1	5,0	-	5,8	15	13
Grafiitti	-	-	-	6,8	-	-	21
Kalimaasälpä	-	-	-	-	8,3	7,3	-
Pyriitti	-	-	3,7	-	-	2,8	6,8
Sideriitti	-	-	1,9	-	-	-	-
Turмалиini	-	-	-	-	-	-	1,7
Apatiitti	-	-	-	-	-	-	1,4
Kalsiitti	TR	TR	-	-	0,78	0,32	-

Taulukko 6-7. Punasuon sivukivien mineralogia SEM-EDX-menetelmällä (Petrolab 2024). ITM = epäpuhdas talkkimagnesiitti, TM = talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske ja BS = mustaliuske. Tulokset ovat näytekohtaisia.

Kivilaji	ITM	TM 1	TM 2	MS 1	MS 2	BS 1	BS 2
Mineraali	m-%	m-%	m-%	m-%	m-%	m-%	m-%
Talkkiryhmä	37	54	33	0,1	0,1	1,3	0,4
Kvartsi	0,02	0,03	0,1	32	35	30	0,2
Maasälvät	0,03	-	-	36	38	21	0,3
Kiilleryhmä	0,01	0,004	0,2	23	16	9,3	36
Magnesiitti	52	19	1,1	0,01	-	0,01	0,05
Pyrrotiitti	1,3	1,7	5,5	1,5	6,1	23	30
Kloriitti	8,8	14	5,8	6,1	1,7	9,7	13
Dolomiitti	0,2	8,0	28	0,004	0,007	0,20	0,33
Pyriitti	0,2	0,1	11,7	0,1	1,1	2,4	8,1
Aksessoriset	0,1	2,8	9,8	0,4	0,6	1,3	6,0
Sideriitti	0,05	0,04	3,4	0,06	0,1	0,19	0,48
Sfaleriitti	-	-	-	-	0,01	0,5	2,7
Pentlandiitti	0,3	0,1	1,0	-	0,01	0,003	1,3
Rutiili	0,01	0,01	0,005	0,2	0,8	0,5	0,7
Kromi-magnetiitti	0,2	0,05	0,1	-	-	-	0,003
Kalsiitti	-	0,03	0,1	0,01	0,02	0,01	0,05

GTK selvitti vuonna 2005 sivukivien ympäristökelpoisuutta (GTK 2005, Ramboll Finland Oy 2015). Verrattaessa vuoden 2023 tutkimuksen tuloksia vuonna 2005 esitettyihin lukuihin, muutoksia voidaan havaita mustaliuskeesta mitatusta sulfidimineraalien määrässä, joka on vuoden 2023 tuloksissa 4–7 -kertainen verrattuna vuoden 2005 tulokseen (noin 6 %). Samoin kiilleliuskeen sulfidipitoisuus on suurempi vuoden 2023 näytteissä kuin vuoden 2005 (alle 0,2 %). Epäpuhtaan vuolukiven osalta sulfidimineraalien osuus (noin 7 %) on vähentynyt.

Serpentiniittibreksian mineralogialla ei tutkittu uudelleen. Serpentiniittibreksiassa on vuoden 2005 mineralogiatutkimusten perusteella runsaasti neutralointikykyisiä karbonaattimineraaleja (36 %). Muita päämineraaleja ovat talkki (41 %), antigoriitti (15 %) ja kloriitti (6 %). Serpentiniittibreksiassa sulfidimineraaleja on n. 2 %.

Edellä mainitut erot eri vuosien mittaustuloksissa voivat johtua mm. kivilajien sisäisesti koostumuksen vaihtelusta, näytteenotosta tai mittaustavasta.

6.3.3 Sivukivien geokemialliset ominaisuudet

Taulukossa 6-8 on esitetty Punasuon sivukivien kairasydännäytteiden kuningasvesiliukoiset pitoisuudet sekä vuoden 2015 näytteiden kokonaispitoisuudet (ISO 11885, ICP-AES). Vuoden 2015 kokonaispitoisuuksien uuttomenetelmä ei ole tiedossa. Taulukossa on esitetty myös PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaiset kynnysarvot sekä alemmat ja ylemmät ohjearvot. Nelihappouutto on kuningasvesiuuttoa voimakkaampi

uuttomenetelmä, joka hajottaa myös silikaattimineraaleja ja siten kuvaa koko kiven alkuainejakaumaa kuningasvesiuuttoa paremmin. PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnys- ja ohjearvoja verrataan kuningasvesiliukoisiin pitoisuuksiin.

Taulukko 6-8. Punasuon sivukiven kairasydännäytteiden kuningasvesiliukoiset pitoisuudet verrattuna PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnys- ja ohjearvoihin. Taulukossa on lisäksi esitetty vuonna 2023 määritetyt sivukivinäytteiden nelihappouuton tulokset (Geochemic Ltd 2024a) sekä vuonna 2015 määritetyt kokonaispitoisuudet (Ramboll Finland Oy 2015, SGS 2015). Taustapitoisuudet taustapitoisuusrekisterin pitoisuuksia (TAPIR 2024). Taustapitoisuuksien näytemäärä on 172, paitsi vanadiinilla n=171 (15 km säde). *Taustapitoisuudet 50 km säteellä arseenille (n= 31); kadmiumilla, elohopealla ja antimonilla (n=39) sekä lyijylle (n= 33). MS = kiilleliuske (*mica schist*), BS = mustaliuske (*black schist*), ITM = epäpuhdas talkkimagnesiitti, SPB = serpentiniittibreksia ja TM = talkkimagnesiitti

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Maanäytteet	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Taustapitoisuus	0,91*	0,03*	7,0	27	22	0,01*	18	3*	0,03*	30	28
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Kuningasvesiuuttotulokset											
TM (n=314)											
ka.	280	0,58	77	710	19	-	1600	3,6	8,4	14	51
med.	230	0,5	77	580	7,1	-	1600	2,5	10	9,6	16
min.	2	0,01	30	94	0,5	-	470	0,25	0,66	1	8,6
maks.	1000	41	170	1700	550	-	2600	71	25	270	4700
BS (n=60)											
ka.	40	16	62	210	450	-	880	45	10	360	2200
med.	12	13	35	130	370	-	520	34	10	370	1600
min.	2,5	0,55	9,1	44	41	-	120	2,5	0,66	110	140
maks.	260	62	270	2200	2800	-	3100	180	81	700	7500
MS (n=48)											
ka.	28	0,65	21	100	61	-	86	15	1,7	130	170
med.	16	0,11	18	99	43	-	57	15	0,25	110	89
min.	0,5	0,05	13	67	23	-	43	2,5	0,025	73	67
maks.	160	14	86	260	670	-	1000	55	10	440	2900
SPB (n=10)											
ka.	150	0,026	87	1500	5,5	-	1900	1,3	3,3	24	44
med.	180	0,02	88	1500	5,2	-	1900	1,3	3	25	39
min.	2,3	0,01	74	1000	2,5	-	1600	0,5	0,67	15	25
maks.	360	0,07	100	2100	11	-	2200	2,9	7,6	31	74
Vuoden 2015 kokonaispitoisuudet*											
2015 MS	17	<0,4	17	72	27	<0,2	37	<10	<10	66	55
2015 BS	140	9	24	75	220	<0,3	290	19	<10	390	770
2015 ITM	250	5	45	710	<10	<0,4	880	<10	<10	<10	13
2015 SPB	5	<0,4	47	930	<10	<0,5	930	<10	<10	11	13

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Maanäytteet	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Taustapitoisuus	0,91*	0,03*	7,0	27	22	0,01*	18	3*	0,03*	30	28
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400

*Vuoden 2015 kokonaispitoisuuksien uuttomenetelmä ei ole tiedossa. Oletus on, että uuttomenetelmänä on ollut kuningasvesiuutto.

Sivukiven kairasydännäytteissä talkkimagnesiitissa (n=314 kpl) arseenin, kromin ja nikkelin mediaanipitoisuus ylittää PIMA-asetuksen ylemmän ohjearvon. Alempi ohjearvo ylittyy antimonin osalta ja kynnysarvo koboltin osalta. Mustaliuskeessa (n=60 kpl) mediaanipitoisuudet ylittävät ylemmän ohjearvon kuparin, nikkelin, vanadiinin ja sinkin osalta sekä alemman ohjearvon kadmiumin ja antimonin osalta. Kynnysarvo ylittyy arseenin, koboltin ja kromin osalta. Kiilleliuskeessa (n=48 kpl) pitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä. Ohjearvojen ylityksiä ei ole ja kynnysarvo ylittyy vain vähän arseenin, nikkelin ja vanadiinin osalta. Serpentiinitibrekssiassa (n=10 kpl) mediaanipitoisuudet ylittävät ylemmän ohjearvon arseenin, kromin ja nikkelin osalta. Kynnysarvo ylittyy koboltin ja antimonin osalta.

Vuoden 2015 näytteiden kokonaispitoisuuksien uuttomenetelmästä ei ole tietoa, mutta kokonaispitoisuuksia on v. 2015 jätehuoltosuunnitelmassa verrattu PIMA-asetuksen kynnys- ja ohjearvoihin. Punasuon louhoksen kiilleliuskeessa (MS) haitta-aineiden pitoisuudet olivat alhaisia, ainoastaan arseenin pitoisuus (17 mg/kg) ylitti tutkitussa näytteessä PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) arseenin kynnysarvon (5 mg/kg). Mustaliuskeessa (BS) arseenin, kuparin, nikkelin, vanadiinin ja sinkin pitoisuudet ylittivät tutkitussa näytteessä ylemmät ohjearvot sekä kadmiumin ja koboltin pitoisuudet ylittivät kynnysarvot. Epäpuhtaassa talkkimalmassa arseenin, kromin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät ylemmät ohjearvot ja kadmiumin sekä koboltin pitoisuudet kynnysarvot. Serpentiinitibrekssiassa kromin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät ylemmät ohjearvot sekä arseenin ja koboltin pitoisuudet ylittivät kynnysarvot. Kaikissa Punasuon louhoksen tutkituissa näytteissä antimonin pitoisuudet olivat alle määrittämissä määritysrajan 10 mg/kg. Antimonin kynnysarvo on 2 mg/kg. (Ramboll Finland Oy 2015) Määrittämissä määritysrajan ollessa suurempi kuin kynnysarvon, ei voida luotettavasti todeta onko antimonipitoisuus yli tai alle kynnysarvon.

Vuoden 2023 näytteistä määritettiin metalli- ja metalloidipitoisuudet nelihappouutolla (Taulukko 6-9). Tämän takia pitoisuudet ovat suurempia verrattuna kuningasvesiuuton tuloksiin.

Taulukko 6-9. Vuoden 2023 sivukivinäytteiden nelihappouuton tulokset (Geochemic Ltd 2023). MS = kiilleliuske (mica schist), BS = mustaliuske (black schist) ja TM = talkkimagnesiiitti

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Maanäytteet	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2023 MS 1	25	0,05	18	120	43	0,01	68	15	0,1	170	89
2023 MS 2	6	0,6	17	110	59	0,02	66	14	0,9	130	120
2023 BS 1	13	12	17	110	290	0,09	390	33	3,8	510	1600
2023 BS 2	31	44	210	150	570	0,51	3400	100	13	610	9000
2023 TM 1	770	0,04	92	2200	26	0,008	1900	1	2,5	35	88
2023 TM 2	55	0,1	140	2000	130	0,04	2500	7	0,4	19	85

Alkuaineiden pitoisuudet vaihtelevat luontaisesti saman kivilajin sisällä. Esimerkiksi kiilleliuskenäytteissä (MS 1 ja MS 2) arseenin pitoisuusero on noin viisinkertainen ja kadmiumin noin kymmenkertainen. Muiden alkuaineiden osalta kiilleliuskenäytteiden välinen pitoisuusero on tätä vähäisempi. Mustaliuskeessa vaihtelu vaikuttaa näiden tulosten perusteella suuremmalta kuin kiilleliuskeessa. Esimerkiksi kahden mustaliuskenäytteen (BS 1 ja BS 2) nikkelipitoisuuden vaihteluväli on 390–3400 mg/kg.

Vuoden 2024 selvityksessä (Petrolab 2024) nikkelin todettiin esiintyvän sulfidimineraaleja sisältävissä näytteissä lähes yksinomaan pentlandiitissa. Näytteissä, joissa pentlandiittia oli vain vähän, nikkeli esiintyy enimmäkseen kloriitissa (silikaattimineraali) ja vähäisemmässä määrin pyrrotiitissa ja pentlandiitissa. Kupari esiintyy kaikissa Punasuon sivukivinäytteissä ensisijaisesti kalkopyriitissa eli kuparikiisussa, arseeni esiintyy suurimmassa osassa näytteistä lähes kokonaan pyrrotiitissa. Muutamassa näytteessä arseeni esiintyy vain pentlandiitissa. Pyrrotiitti, pentlandiitti ja kalkopyriitti ovat sulfidimineraaleja eli ns. kiisumineraaleja.

Edellä esitetyn selvityksen havainnot ovat samansuuntaisia vuonna 2005 tehdyn selvityksen havaintojen kanssa. Tuolloin todettiin, että nikkeli esiintyy sivukivissä pääasiassa nikkelipitoisissa sulfideissa (happoliukoinen) ja vähäisessä määrin magnesiumsilikaateissa (talkki). Nikkeli voi vapautua esim. rautasulfidien hapettumassa ilman hapen ja veden myötävaikutuksesta. Arseeni esiintyy epäpuhtaan vuolukiven sulfidimineraaleissa, joista se voi vapautua em. rautasulfidihapettumisen seurauksena. Kromi esiintyy oksidimineraaleissa ja magnesiumsilikaateissa. Kromioksidit ovat niukkaliukoisia happamissa oloissa. Silikaateista kromi ja nikkeli voivat vapautua vain hyvin happamissa oloissa (pH <2) silikaattien kiderakenteen hajotessa. (GTK 2005, Ramboll Finland Oy 2015)

Sivukiven hapontuottopotentiaali

Sivukivien hapontuotto-ominaisuuksia on tutkittu vuosina 2015 ja 2023 otetuista näytteistä. Tulokset on esitetty taulukossa 6-10. Mustaliuske (BS) on kivilajeista ainoa, joka kaikkien näytteiden perusteella on mahdollisesti happoa tuottavaa. Kiilleliuskeen v. 2015 näyte ja toinen v. 2023 näytteistä (MS1) ovat ei-happoa tuottavia alhaisen sulfidisen rikin pitoisuuden takia. Toinen (MS2) vuoden 2023 näytteistä on mahdollisesti happoa

tuottava, sillä sulfidisen rikin pitoisuus on 0,5 % ja NPR vain 0,05. Talkkimagnesiittinäytteistä kaksi on ei-happoa muodostavia ja kaksi mahdollisesti happoa muodostavia.

Taulukko 6-10. Sivukivinäytteiden ABA-testin tulokset. Näytteet on otettu vuosina 2015 ja 2023. (Ramboll Finland Oy 2015, Geochemic Ltd 2024a). Taulukossa käytetyt lyhenteet ovat: S kok = rikin kokonaispitoisuus, S sulf. = sulfidisen rikin pitoisuus, C kok = hiilen kokonaispitoisuus, NP = neutralointipotentiaali, AP = hapontuottopotentiaali, NPR = neutralointipotentiaalisuhde (NP/AP), MS = kiilleliuske, BS = mustaliuske, ITM = epäpuhdas talkkimagnesiitti, SPB = serpentiniittibreksia ja TM = talkkimagnesiitti.

	S kok	S sulf.	$S_{\text{sulf}}/S_{\text{kok}}$	C kok	AP	NP	NPR
	%	%		%	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t	
2015 ITM	0,58	0,57	0,98	5,5	18	30	1,7
2015 MS	0,07	0,02	0,3	0,03	0,62	5,7	9,2
2015 BS	0,95	0,81	0,86	0,75	25	8,4	0,33
2015 SPB	0,23	0,20	0,87	5,3	6,3	36	5,8
2023 ITM	0,65	0,12	0,18	7,3	20	92	4,5
2023 TM 1	0,74	0,11	0,15	5	23	90	3,9
2023 TM 2	4,3	2,1	0,49	4,9	140	360	2,6
2023 MS 1	0,4	0,03	0,08	0,07	13	1,6	0,13
2023 MS 2	2,6	0,47	0,18	0,87	82	3,8	0,05
2023 BS 1	6,9	1,5	0,22	6,8	220	14	0,07
2023 BS 2	13	3,9	0,29	9,3	410	9,5	0,02

Punasuon vuoden 2023 sivukivinäytteiden hapontuotto-ominaisuuksia on tutkittu lisäksi NAG-testillä (Taulukko 6-11). NAG-testissä talkkimagnesiittinäytteiden pH pysyi neutraalina näytteen kuumennuksen jälkeen (pH 7,7–7,8). Tämä tarkoittaa, ettei näytteillä ole NAG-testin tulosten perusteella haponmuodostuspotentiaalia. Kumpikin mustaliuskenäyte ja yksi kiilleliuskenäyte ovat NAG-testin perusteella mahdollisesti happoa muodostavia. Näiden näytteiden pH oli ennen ja jälkeen kuumennuksen hapan (pH 2,3–3,0) ja pH:n nosto vaati merkittävän lisäyksen natriumhydroksidia. Myös toinen kiilleliuskenäytteistä on mahdollisesti happoa tuottava, joskin NAG-testin perusteella hapontuottopotentiaali on alhainen.

Taulukko 6-11. Punasuon sivukivinäytteiden NAG-testin tulokset. Näytteet ovat vuodelta 2023. Taulukossa käytetyt lyhenteet ovat: ITM = epäpuhdas talkkimagnesiitti, TM = talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske ja BS = mustaliuske.

Näyte	pH ennen kuumennusta	pH kuumennuksen jälkeen	pH 4,5 NAG	pH 7,0 NAG	NAG (kok)
			kg H ₂ SO ₄ eq/t		
ITM	7,8	8,8	0	0	0
TM 1	8,0	8,8	0	0	0
TM 2	7,8	7,7	0	0	0
MS 1	4,4	4,9	0	1,9	1,9
MS 2	2,5	2,3	36,0	17,4	53,4
BS 1	2,7	2,8	33,3	61,9	95,3
BS 2	2,9	3,0	11,5	137	148,8

Kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteen 1 kohdan 2. b) mukaan kaivannaisjäte luokitellaan pysyväksi jätteeksi, mikäli kaivannaisjätteen sulfidisen rikin pitoisuus on enintään 0,1 % tai sulfidisen rikin pitoisuus on välillä 0,1–1 % ja neutralointipotentiaalisuhde (NPR) on suurempi kuin kolme. Vuoden 2015 näytetuloksen perusteella serpentiniittibreksia voidaan hapontuotto-ominaisuuksiltaan luokitella pysyväksi kaivannaisjätteeksi (Taulukko 6-10). Vuosien 2015 ja 2023 näytetulosten perusteella muut sivukivilajit mustaliuske, kiilleliuske, puhdas ja epäpuhdas talkkimagnesiitti luokitellaan hapontuotto-ominaisuuksiltaan ei-pysyväksi kaivannaisjätteeksi.

Lisäksi kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteen 1 kohdan 2. d) mukaan kaivannaisjäte luokitellaan pysyväksi jätteeksi, mikäli kaivannaisjätteen haitallisten aineiden pitoisuudet eivät ylitä PIMA-asetuksen (214/2007) kynnsarvoja tai maaperän taustapitoisuuksia. Haitta-aineiden pitoisuuksien osalta kaikki Punasuon sivukivet luokitellaan ei-pysyväksi kaivannaisjätteeksi.

6.3.4 Arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä ja liukoisuusominaisuudet

6.3.4.1 NAG-testin loppuliuos ja kosteuskammiokokeet

Punasuon sivukivinäytteiden pitkäaikaiskäyttäytymistä on tutkittu vuoden 2023 näytteistä NAG-testin loppuliuoksen ja kosteuskammiokokeiden tulosten avulla. NAG-testin menetelmäkuvaus on esitetty luvussa 6.1.2 ja kosteuskammiokokeiden luvussa 6.1.6.

NAG-testin loppuliuos

Sivukivinäytteiden NAG-testin loppuliuoksen pitoisuudet on esitetty taulukossa 6-12. Mustaliuskenäytteiden, toisen talkkimagnesiittinäytteen (TM 2) ja toisen kiilleliuskenäytteen (MS 2) NAG-uuton loppuliuoksessa on merkittävästi rikkiä, mikä viittaa sulfidimineraalien läsnäoloon. Tulokset vertautuvat hyvin näytteistä tutkittuun mineralogiaan (Taulukko 6-6). Mustaliuskenäytteistä vapautuu happamissa olosuhteissa

keskimäärin muita näytteitä enemmän mm. alumiinia, kadmiumia, kobolttia, kromia, rautaa, lyijyä, mangaania, uraania ja sinkkiä. Myös toisesta kiilleliuskenäytteestä (MS 2) mobilisoituu merkittävässä määrin em. alkuaineita. Arseenia ja antimonia mobilisoituu epäpuhtaasta talkkimagnesiittinäytteestä ja toisesta talkkimagnesiittinäytteestä (TM 1). Yleisesti tarkastellen epäpuhtaassa ja puhtaissa talkkimagnesiittinäytteissä haitta-aineiden mobilisoituminen on huomattavasti muita näytteitä maltillisempaa. Poikkeuksena on rikin mobilisoituminen talkkimagnesiittinäytteessä (TM 2).

Taulukko 6-12. Punasuon vuoden 2023 sivukivinäytteiden NAG-testin loppuliuoksen pitoisuudet (mg/kg). Taulukossa käytetyt lyhenteet ovat ITM = epäpuhdas talkkimagnesiitti, TM = talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske ja BS = mustaliuske.

	ITM	TM 1	TM 2	MS 1	MS 2	BS 1	BS 2
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Al	0,2	0,1	0,1	43,9	1830,0	6570,0	525,0
Sb	1,14	0,629	0,01	0,01	0,02	0,05	0,2
As	26,8	12,1	0,01	0,013	0,136	0,182	0,2
Ba	0,173	0,232	0,613	20,5	19	16,6	11
Be	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0843	0,193	0,1
Bi	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,025	0,1
B	22,8	48,2	31,7	15,2	42,1	57,9	46,7
Cd	0,0005	0,0005	0,0005	0,0302	0,581	10,3	39
Ca	398	2770	15700	479	982	5430	1920
Cs	0,0044	0,0092	0,0127	0,0142	0,0311	0,0244	0,0439
Cr	7,82	9,41	0,139	0,769	1,81	0,69	1
Co	0,01	0,01	0,691	3,03	15,7	9,6	55,9
Cu	0,172	0,122	0,21	0,92	49,4	150	79,4
Fe	1	1	1	1	5310	23500	71200
Pb	0,0634	0,041	0,0531	0,0572	3,21	8,04	22,6
Li	0,1	0,1	0,1	1,18	1,63	0,98	2
Mg	2560	1770	10600	1130	1300	1830	3140
Mn	0,113	0,073	1,27	32,9	77	64,1	115
Mo	0,0788	0,0233	0,118	0,243	0,01	0,0363	0,1
Ni	0,191	0,199	28,6	24,7	61,6	340	2880
P	5	5	5	5	10	25	100
K	52,6	71,2	60,8	1800	1980	1090	2890
Rb	0,102	0,064	0,152	4,15	7,39	4,02	9,48
Se	0,227	0,612	5,46	0,226	2,85	10,8	15,6
Si	803	558	269	1380	2410	8810	1960
Ag	0,001	0,001	0,0107	0,0023	0,0782	0,0069	0,02
Na	22	44,1	36,2	196	445	476	100
Sr	0,342	1,82	18,4	1,78	3,09	17,9	3,44
S	3000	3880	28900	2850	18800	37500	58600
Te	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,1	0,4
Tl	0,001	0,0026	0,0526	0,0088	0,183	0,147	0,389
Th	0,01	0,01	0,01	0,01	0,949	0,391	0,2
Sn	0,01	0,01	0,01	0,015	0,02	0,05	0,2
Ti	0,03	0,03	0,03	0,094	1,34	0,372	0,6
W	0,019	0,014	0,01	0,031	0,02	0,05	0,2
U	0,001	0,001	0,001	0,0066	1,05	8,01	19,7
V	0,216	0,258	0,05	3,59	0,211	0,54	1
Zn	0,72	0,41	0,59	5,81	114	1310	7480
Zr	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,1	0,4

Kosteuskammiokokeet

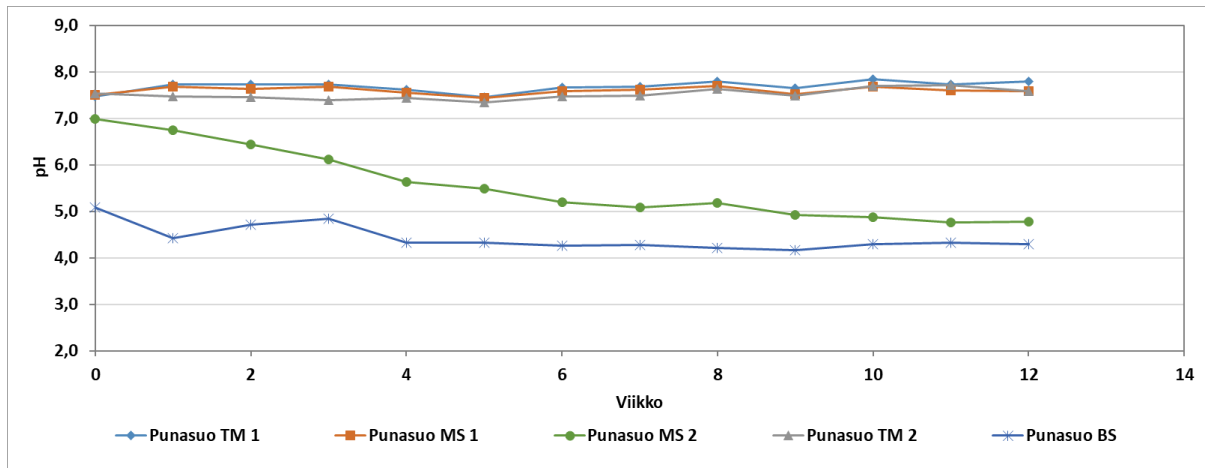
Sivukivinäytteiden kosteuskammiokokeet on aloitettu kesällä 2024. Näytevalinta perustui kairasydänaineiston tilastolliseen tarkasteluun. Näytteet valittiin siten, että analyysituloksia voidaan luotettavasti käyttää edustamaan kutakin kivilajia. Kosteuskammiokokeissa mustaliusketta edustaa vain yksi näyte, sillä mustaliuskenäytteet vastasivat laadultaan toisiaan. Kiilleliuske- ja talkkimagnesiittinäytteissä havaittiin kivilajien sisäistä koostumusvaihtelua, ja niistä valittiin kaksi erillistä näytettä per kivilaji. Tulosten tulkinnassa on huomioitavaa, että näytteet ovat peräisin vanhoista kairasydännäytteistä, ja näin ollen ne ovat valmiiksi jossain määrin hapettuneita.

Tämän jätehuoltosuunnitelman päivityksen aikaan kosteuskammiokokeiden tuloksia oli käytettävissä ensimmäisen 12 viikon ajalta. Kuvissa 6-3...6-6 on esitetty tulokset pH:n kehityksen, jäljellä olevan nettoalkaliniteetin sekä sulfaatin ja nikkelin vapautumisen osalta. Mustaliuskeen ja toisen kiilleliuskenäytteen (MS 2) viikkoliuoksen pH alenee heti ensimmäisten viikkojen aikana, joskin mustaliuskeen viikkoliuoksen pH on jo alkuun matala. Muiden näytteiden pH pysyttelee neutraalina koko alkujakson ajan (Kuva 6-3). Mustaliuskeessa nettoalkaliniteetti on viikolla 12 hyvin alhainen (-1 600 mg/l CaCO_3). Myös toinen kiilleliuskenäyte (MS 2) ja talkkimagnesiittinäyte (TM 2) ovat viikolla 12 nettohappaman puolella (Kuva 6-4). Negatiivinen nettoalkaliniteetti tarkoittaa, ettei näytteessä ole happamoitumista puskuroivia aineita jäljellä.

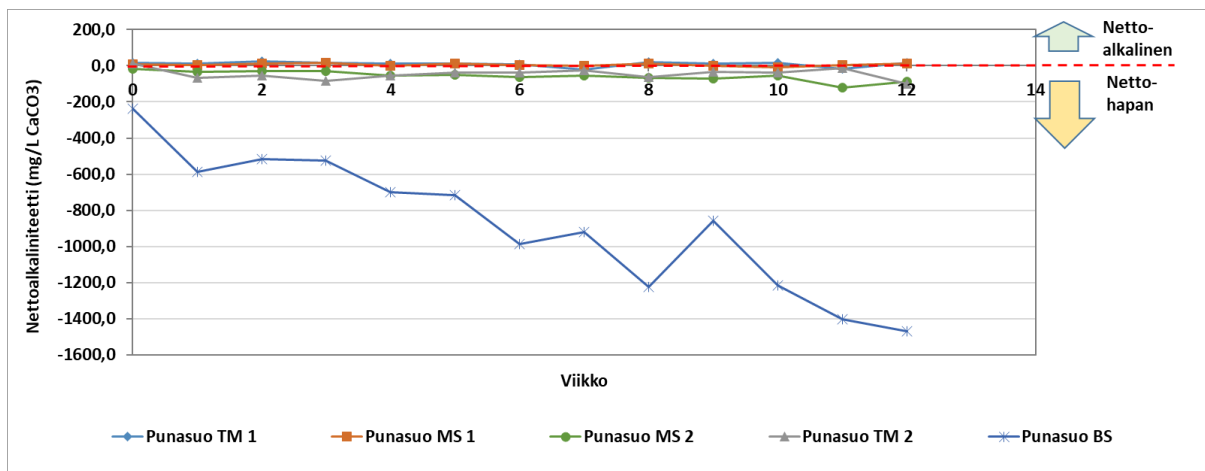
Sulfaatin muodostuminen sivukivinäytteissä 12 viikon jaksolla on ollut mustaliuskenäytettä lukuun ottamatta maltillista (Kuva 6-5). Talkkimagnesiitista (TM 2) vapautui sulfaattia alkuhuuhtelussa, mikä on todennäköisesti seurausta kokeita edeltävästä hapettumisesta. Toistaiseksi vain mustaliuskeessa on havaittavissa sulfidimineraalien hapettumista. Mineralogian perusteella (kpl 6.3.2) sulfidimineraaleja esiintyy kuitenkin myös muissa sivukivissä.

Nikkeliä vapautuu erityisesti mustaliuskeesta (Kuva 6-6), minkä lisäksi liukeneminen on suhteellisen suurta myös toisesta talkkimagnesiittinäytteestä (TM 2) ja toisesta kiilleliuskenäytteestä (MS 2). Kokeen 12. viikolla mustaliuskeen loppuliuoksen nikkelpitoisuus on 25 mg/l. Vastaavasti talkkimagnesiitin loppuliuoksen nikkelpitoisuus on 0,45 mg/l ja kiilleliuskeen 0,073 mg/l.

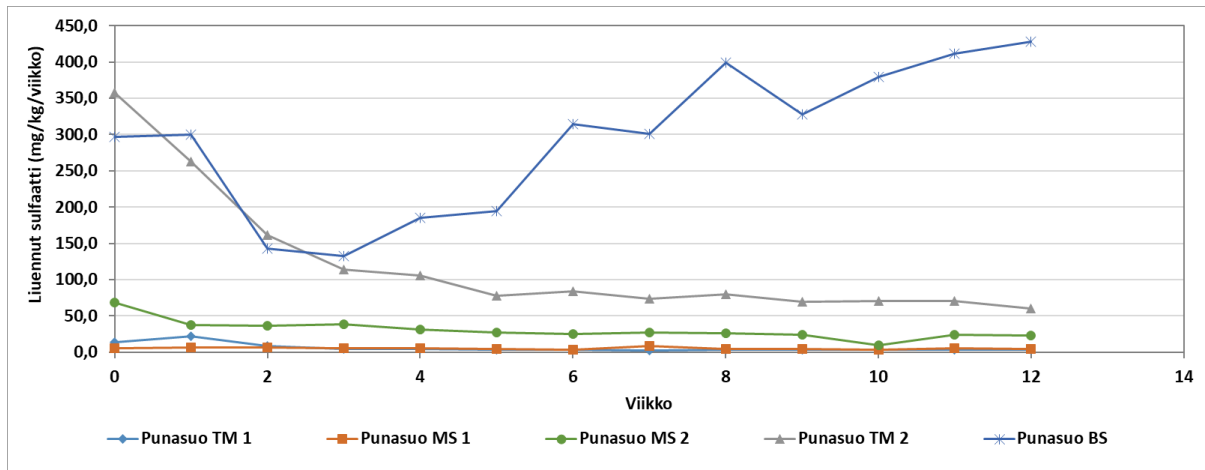
Kosteuskammiokokeiden tulokset on esitetty kokonaisuudessaan jätehuoltosuunnitelman liitteessä 1.



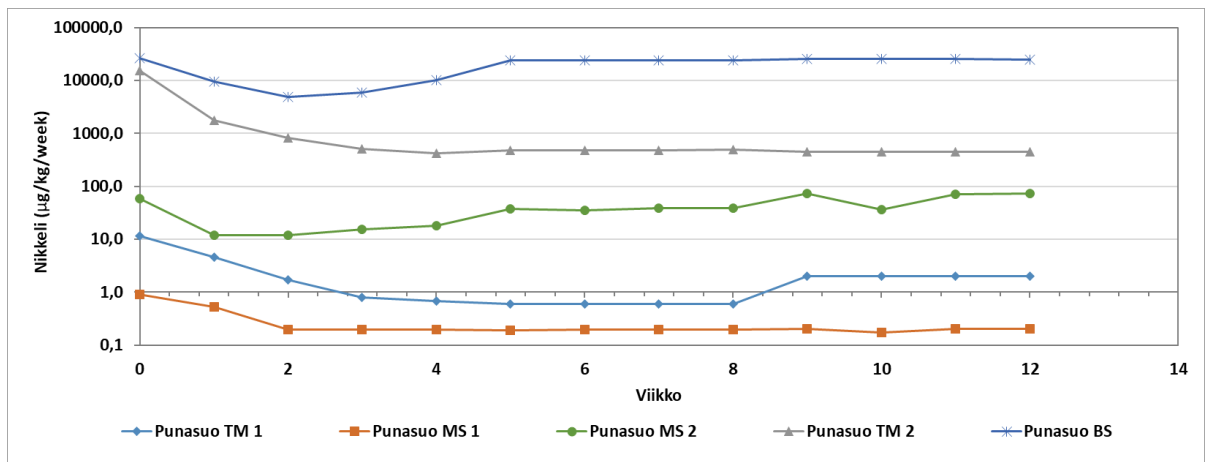
Kuva 6-3. Kosteuskammiokokeen tulokset pH-kehityksen osalta. Mustaliuskeen viikkoliuoksen pH on lähtötilanteessa jo alhainen. Kiilleliuskenäytteen (TM 1) pH laskee tutkimusviikkojen aikana. Muiden sivukivinäytteiden pH pysyttelee 7–8 välillä 12 viikon tutkimusjaksolla. Kuvaajassa käytetyt Punasuon sivukivinäytteiden lyhenteet ovat TM = talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske ja BS = mustaliuske.



Kuva 6-4. Kosteuskammiokokeen tulokset jäljellä olevan nettoalkaliteetin osalta. Kuvaajassa käytetyt Punasuon sivukivinäytteiden lyhenteet ovat TM = talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske ja BS = mustaliuske.



Kuva 6-5. Kosteuskammiokokeen viikkoliuoksen sulfaattipitoisuuden kehitys. Kuvaajassa käytetyt Punasuon sivukivinäytteiden lyhenteet ovat TM = talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske ja BS = mustaliuske



Kuva 6-6. Kosteuskammiokokeen viikkoliuoksen nikkelpitoisuuden kehitys (Huom. logaritminen asteikko). Kuvaajassa käytetyt Punasuon sivukivinäytteiden lyhenteet ovat TM = talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske ja BS = mustaliuske

6.3.4.2 Ravistelutesti

Punasuon sivukivien liukoisuusominaisuuksia on tutkittu vuoden 2015 näytteistä. Taulukossa 6-13 on esitetty vuoden 2015 kokoomanäytteiden 2-vaiheisen ravistelutestin tulokset. Taulukossa on esitetty myös ns. kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) mukaiset pysyvän jätteen, vaarattoman jätteen sekä vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerit.

On huomioitavaa, että ravistelutesti ei ole kaivannaisjäteasetuksen velvoittama kaivannaisjätteen tutkimusmenetelmä, eikä kaatopaikka-asetuksen mukaisia raja-arvoja sovelleta kaivannaisjätteisiin. Ravistelutestillä voidaan arvioida, mitä aineita suotovesissä voisi esiintyä lyhyellä aikavälillä, mutta kvantitatiivisessa kaivannaisjätteitä koskevan vedenlaadun arvioinnissa ravistelutestiä ei käytetä.

Taulukko 6-13. Sivukivinäytteiden 2015 liukoiset pitoisuudet (liukoisuusominaisuudet suhteessa L/S 10) verrattuna kaatopaikka-asetuksen mukaisiin raja-arvoihin (Ramboll Finland Oy 2015). Kaatopaikka-asetuksen mukaisia raja-arvoja ei sovelleta kaivannaisjätteille.

	Näytteet				VNA 1030/2021 mukaiset kaatopaikkakelpoisuus-raja-arvot, L/S 10		
	Punasuo-MS (kiilleliuske)	Punasuo-BS (mustaliuske)	Punasuo-ITM (epäpuhdas talkkimalmi)	Punasuo-SPB (serpentiinitibrekcia)	Pysyvä	Vaaraton	Vaarallinen
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg			
As	<0,2	<0,2	2,5	<0,2	0,5	2	25
Ba	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	20	100	300
Cd	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	0,04	1	5
Cr	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	10	70
Cu	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2	50	100
Hg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	2
Mo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	10	30
Ni	<0,1	8,6	<0,1	<0,1	0,4	10	40
Pb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	10	50
Sb	<0,01	<0,01	0,09	0,06	0,06	0,7	5
Se	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	0,1	0,5	7
Zn	<0,1	9,3	<0,1	<0,1	4	50	200
V	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-
Cl ⁻	<10	<10	<10	<10	800	15 000	25 000
F ⁻	<5	<5	<5	<5	10	150	500
SO ₄ ²⁻	27	490	150	<20	1000	20 000	50 000
DOC	7	9	13	13	500	800	1 000
TDS	440	1300	690	690	4000	60 000	100 000

Punasuon louhoksen sivukivistä vuonna 2015 otetuissa kokoomanäytteissä haitta-aineiden liukoisuudet 2-vaiheisessa ravistelutestissä olivat pääosin alhaisia. Kiilleliuskeessa testissä liuenneet pitoisuudet jäivät alle pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoitettavan jätteen kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvot kaikkien määritettyjen muuttujien osalta. Mustaliuskeessa kadmiumin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet ylittivät pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvot, mutta alittivat vaarattoman jätteen kaatopaikan raja-arvot. Tulokset ovat yhteneväisiä NAG-testin ja kosteuskammiotestissä saatujen tulosten kanssa eli nämä alkuaineet ovat helpommin vapautuvia tutkituissa näytteissä. Epäpuhtaassa talkkimalmiassa arseenin pitoisuus ylitti vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuudelle asetetun raja-arvon ja antimonin liukoisuus pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuusraja-arvon. Serpentiinitibrekciassa antimonin pitoisuus oli pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuusraja-arvon tasolla. (Ramboll Finland Oy 2015).

Vuonna 2001 tutkittiin CEN-ravistelutestillä (prEN 12457-3) Lahnaslammen talkkiesiintymän mustaliuske- ja kiilleliuskemurskenäytteistä liukoisuusominaisuuksia. Testiolosuhteissa kivistä liukeni hyvin pieniä raskasmetallien pitoisuuksia, vaikka kivien metallikoostumuksessa oli huomattavan suuria eroja. Läjitysoloissa metallien liukenevuutta säätelee ensisijaisesti rautasulfidien hapettuminen ja sitä seuraava

vajoveden happamoituminen, mikä edesauttaa raskasmetallien liukenemista muista metallisulfideista ja silikaateista. Pitkän ajan rapautumisilmiötä ei voida simuloida ravistelu- tai kolonnitesteissä. (GTK 2005, Ramboll Finland Oy 2015).

6.3.5 Sivukivien radiologiset ominaisuudet

Säteilyasetuksen (1512/1991) 29 §:n mukaan säteilyturvakeskukselle tulee ennen toiminnan aloittamista tehdä ilmoitus sellaisten luonnonvarojen laajamittaisesta hyödyntämisestä, joiden uraani- tai toriumpitoisuus on suurempi kuin 0,1 kilogrammaa tonnissa (100 mg/kg), lukuun ottamatta ydinenergialain (990/87) nojalla valvottavaa toimintaa. Punasuon kaivoksen sivukivinäytteiden pitoisuudet alittavat mainitun raja-arvon.

Punasuon sivukiville on tehty U- ja Th-aktiivisuuspitoisuuksien tarkastelu STUK:in ohjeistuksen (STUK 2021) mukaisesti. Aktiivisuuspitoisuudet määritettiin laskennallisesti nelihappouuttotuloksista. Nelihappouuton uraani ja toriumpitoisuudet on määritetty ICP-MS-tekniikalla. U-238 aktiivisuuspitoisuus laskettiin 12.4 x pitoisuus (mg/kg) ja Th-232 laskettiin 4.1 x pitoisuus (mg/kg). Vapautusraja on 1000 Bq/kg kunkin radionuklidin osalta eli mikään aktiivisuuspitoisuus erikseen ei saa ylittää tuota raja-arvoa. Punasuon sivukiviä oli testauksessa yhteensä seitsemän. Näytteiden U-238 aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä <0,6–267 Bq/kg ja Th-232 välillä <0,2–36 Bq/kg. Minkään radionuklidin aktiivisuuspitoisuus ei siis ylittänyt vapautusrajaa 1000 Bq/kg. Yhtiö on laatinut säteilylain 146 § mukaisen selvityksen Sotkamo kaivoksen ja tehdasalueen osalta 17.12.2024 ja täydentänyt sitä 14.1.2025 ja 27.3.2025. Säteilyturvallisuuskeskus STUK antoi ilmoituksen 3.4.2025 että toimitettu selvitys on riittävä säteilylain 146 §:n mukaiseksi selvitykseksi.

6.3.6 Kuitumineraalit

Punasuon sivukivien mineralogisten analyysien perusteella talkkiryhmän mineraaleissa on pieniä määriä mm. tremoliittia (Petrolab 2024). Sivukivien kuitumineraalien esiintymistä on lisäksi selvitetty kairanäytteiden raportoinnin yhteydessä sekä kaivoksen geologisten kartoitusten yhteydessä. Tutkimusten yhteydessä Punasuon louhoksesta on paikannettu kuitumineraaleja sisältävät alueet. Malmin louhinnan yhteydessä jokaisen malmikentän porasoihasta tutkitaan kuitumineraalit.

Työntekijöiden altistumista ilman epäpuhtauksille selvitetään säännöllisesti sekä kaivoksella että rikastamolla. Viimeisin työhygieeninen selvitys tehtiin vuonna 2024 (Työterveyslaitos 2024).

6.3.7 Sivukiven vaaraominaisuuksien arvioinnin tarve

Kaivannaisjätteiden jäteluokittelussa ei louhinnassa syntyvälle jätteelle, ts. sivukiville, ole omaa luokkaa vaaralliselle jätteelle, vaan louhinnassa syntyvät kaivannaisjätteet luokitellaan jäteluettelon mukaisesti metallimineraalien tai muiden mineraalien louhinnassa syntyväksi jätteeksi (Jäteasetus 978/2021, liite 3). Valtioneuvoston asetuksen

kaivannaisjätteistä (VNA 190/2013) perusteella jätteet luokitellaan joko pysyviksi tai ei-pysyviksi asetuksen liitteen 1 perusteella. Mineraloginen analyysi ei sinänsä kuitenkaan erittele mineraalien esiintymistä asbestimuotoisena.

Jos jäteluettelon mukaisesta luokituksesta halutaan poiketa, on se mahdollista (jätelaki 646/2011 ja YM 2019). Luokittelusta poikkeaminen tulee kyseeseen vain silloin, kun jätteellä ei ole jäteluettelossa rinnakkaisnimikettä. Tällaisessa tapauksessa jäteluettelon vaaraton jäte voidaan poikkeusmenettelyllä luokitella vaaralliseksi, jos sillä on jokin vaaraominaisuus.

Päätöksen luokittelusta poikkeamisesta voi yksittäistapauksessa jätelain (646/2011) 7 §:n mukaan tehdä ympäristölupaviranomainen (aluehallintovirasto). Jäsenmaiden on ilmoitettava EU:n komissiolle kaikki yleiset ja yksittäistapauksessa tehdyt kansalliset poikkeukset EU:n jäteluokitukseen. Aluehallintoviraston (AVI) on toimitettava kopiot kaikista tekemistään 7 §:n mukaan tehdyistä poikkeuspäätöksistä Suomen ympäristökeskukselle (SYKE), joka kokoaa puolen vuoden välein yhteenvedon Suomessa tehdyistä luokituspoikkeuksista ympäristöministeriölle. Komissio tarkastelee tehtyjen ilmoitusten perusteella, tulisiko vastaava muutos tehdä EU:n jäteluetteloon (YM 2019).

Sivukivimateriaalin ominaisuuksia on seuraavassa tarkasteltu ympäristövaarallisen jätteen, vaaraominaisuus HP 14, kriteerien mukaan siten, kun Ympäristöministeriön oppaassa ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” on esitetty. Oppaan liitteessä 9 on annettu eri metalleille pitoisuusrajat ja yhteenlaskussa alin huomioitava pitoisuus (Cut-off-arvo). Käytetyt raja-arvot ja keskimääräiset pitoisuudet on esitetty taulukossa 6-14. Oppaan ohjeistuksesta poiketen sivukivien kuiva-ainepitoisuuksina määritettyjä tuloksia ei ole muutettu pitoisuuksiksi tuorepainossa, koska kosteuden määrän läjitetyssä sivukivessä oletetaan olevan merkityksetön tämän tarkastelun kannalta. Tulosten tarkastelu kuiva-ainetta kohti kuitenkin yliarvioi pitoisuudet, sillä näytteen sisältämää vesimäärää ei ole huomioitu.

Varsinainen vaaraominaisuustarkastelu tehdään seuraavasti:

1. Tarkastellaan, ylittävätkö vesiympäristölle vaarallisten tai haitallisten aineiden pitoisuudet kuvassa 6-7 esitettyjä cut-off-arvoja. Jos minkään Aquatic Acute 1 (H400) tai Aquatic Chronic 1 (H410) -luokituksen saavan aineen tai yhdisteen pitoisuus ei ole yli 0,1 %, tai minkään Aquatic Chronic 2 (H411) Aquatic Chronic 3 (H412) tai Aquatic Chronic 4 (H413) -luokituksen saavan aineen tai yhdisteen pitoisuus ei ole yli 1 %, ei jätettä luokitella ympäristölle vaaralliseksi, eikä arviointia tarvitse jatkaa pidemmälle. Joillain metallisuoloilla käytetään 0,1 % sijaan erityisesti sille yhdisteelle annettua cut-off -arvoa, jossa metalli-ionien pitoisuus on laskettu pitoisuutena ko. yhdisteenä.
2. Tarkastellaan, ylittääkö jonkin yksittäisen aineen pitoisuus vaarallisen jätteen pitoisuusrajan. Ympäristöministeriön oppaan (YM 2019) taulukkoon 22 on laskettu neuvoston asetuksen yhteenlaskukaavojen perusteella vastaava yhden aineen pitoisuusraja kullekin CLP-asetuksen mukaiselle luokitukselle. Jos jäte sisältää vain yhtä vesiympäristölle vaaralliseksi luokiteltua ainetta, jäte luokiteltaisiin vaaralliseksi, jos aineen pitoisuus jätteessä on vähintään yhtä suuri kuin taulukon

22 pitoisuusraja. Silloin, kun jäte luokitellaan ympäristölle vaaralliseksi jo yhden aineen pitoisuuden perusteella, ei arviointia tarvitse jatkaa pidemmälle.

3. Vaarallisen jätteen pitoisuusrajojen lisäksi on huomioitava mahdolliset aineiden yhteisvaikutusten arvioinnissa sovellettavat yhteenlaskusäännöt silloin, kun jäte sisältää useampaa ainetta, jolla on samaan vaaraominaisuuteen vaikuttava vaaraluokitus. Yhteenlaskua voidaan soveltaa jätteen ympäristövaaran (HP 14) arvioinnissa.

Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 ympäristövaarallisuuden arvioinnin yhteenlaskukaavat:

Välitön myrkyllisyys vesieliöille:

$$\sum c \text{ Aquatic Acute 1 (H400)} \geq 25 \%$$

Pitkäaikaiset haittavaikutukset vesieliöille:

$$(100 * \sum c \text{ Aquatic Chronic 1 (H410)}) + (10 * \sum c \text{ Aquatic Chronic 2 (H411)}) + \sum c \text{ Aquatic Chronic 3 (H412)} \geq 25 \%$$

$$\sum c \text{ Aquatic Chronic 1 (H410)} + \sum c \text{ Aquatic Chronic 2 (H411)} + \sum c \text{ Aquatic Chronic 3 (H412)} + \sum c \text{ Aquatic Chronic 4 (H413)} \geq 25 \%$$

Pienin yhteenlaskussa huomioon otettava pitoisuus (cut-off-arvo) on:

- Aquatic Acute 1(H400) tai Aquatic Chronic 1 (H410) -luokituksen saaville aineille 0,1 %.
- Aquatic Chronic 2 (H411) Aquatic Chronic 3 (H412) tai Aquatic Chronic 4 (H413) -luokituksen saaville aineille 1 %.

Kuva 6-7. Ympäristövaarallisuuden arvioinnin periaate (YM 2019).

Haitta-aineen esiintymismuoto on merkittävä osa luokittelua. Mikäli saatavilla ei ole tietoa kokonaispitoisuuksien tulkitsemiseksi, luokittelu tehdään varovaisuusperiaatteen mukaan olettaen, että koko haitta-aineen pitoisuus on sitoutuneen vaarallisimmassa mahdollisessa muodossa, vaikka todellisuudessa haitallisinta muotoa olisi läsnä vain vähän. Esimerkiksi, jos metallien esiintymismuotoja ei tiedetä, yksittäisen metallin kokonaispitoisuus käsitellään kyseisen metallin haitallisimpina mahdollisena esiintymismuotona, vaikka todellisuudessa haitallisinta muotoa olisi läsnä vain vähän. Tästä syystä esimerkiksi nikkeli lasketaan nikkelisulfaattina kaikille sivukivinäytteille, vaikka nikkeli ei esiinny nikkelisulfaattina kaikissa Elementisin sivukivissä.

Elementisin sivukivistä on olemassa mineralogisia tietoja, joita hyväksikäyttäen seuraavassa on selvitetty sivukivien sulfidisen nikkelin maksimiosuutta kokonaisnikkelistä. Mineralogisten tutkimusten (Petrolab 2024) perusteella on voitu arvioida, että epäpuhtaassa talkkimagnesiitissa nikkeli on lähes täysin pentlandiitissa (rautanikkelisulfidi). Kahdessa mustaliuskenäytteessä puolestaan sulfidisen nikkelin osuus on 27 % ja 98 %; ja kahdessa kiilleliuskenäytteessä 0 % ja 65 %. Näytteissä loput

nikkelistä esiintyy kloriitissa (silikaattimineraali). Talkkimagnesiittinäytteissä, epäpuhdas talkkimagnesiitti mukaan lukien, sulfidisen nikkelin osuus on 97–100 %.

Pääsääntöisesti sulfidimineraalista vapautuva nikkeli on suotovedessä vapaana nikkelinä ja pidättyy osittain hydroksideihin. Nikkelisulfaattia on liukoissa tilassa eli suotovedessä. Tarpeen niin vaatiessa voidaan geokemiallisesta tasapainomallista tarkastella, paljonko nikkeliä pysyy vedessä ja kuinka paljon saostuu. Tästä tarkastelusta voitaisiin saada tarkempi arvio esiintyvän nikkelisulfaatin osuudesta.

Taulukko 6-14. Punasuon sivukivien ympäristövaarallisuuden arviointi Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Kokonaispitoisuudet määritetty kuningasvesiuutolla. ITM = epäpuhdas talkkimagnesiitti, MS = kiilleliuske, BS = mustaliuske, SPB = serpentiniittibreksia.

Alkuaine	Pitoisuusraja				ITM	MS	BS	SPB
	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic, H410	Cut-off	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Sb			25000	10000	<10	<10	<10	<10
As	250000	1000	2500	1000	250	17	140	5
Cd	250000	1000	2500	1000	5	<0,4	9	<0,4
Co (CoO)	200000	790	2000	790				
Co (CoCl ₂)	110000	450	1100	450				
Co (CoSO ₄)	95000	380	9500	380	45	17	24	47
Cr(VI)	250000	1000	2500	1000	710	72	75	930
Hg	250000	1000	2500	1000	<0,4	<0,2	<0,3	<0,5
Cu (CuSO ₄)	100000	400	1000	400	<10	27	220	<10
Cu (CuCl ₂)	120000	470	12000	4700				
Pb	250000	1000	25000	1000	<10	<10	19	<10
Ni (NiSO ₄)	95000	380	950	380	880	37	290	930
Ni (NiS)	150000	600	1500	600				
Zn (ZnCl ₂)	120000	470	1200	470				
Zn (ZnSO ₄)	100000	4000	1000	400	13	55	770	13
V (V ₂ O ₅)			14000	5600	<10	66	390	11

Edellä olevan taulukon mukaisesti nikkelisulfaatin osalta kokonaispitoisuuksiksi muunnetut, laskennalliset cut-off-arvot ylittyvät epäpuhtaassa talkkimagnesiitissa sekä serpentiniittibreksiassa, sekä sinkkisulfaatin osalta mustaliuskeessa. Kummankaan yhdisteen/aineen osalta ei ylitetä yksittäiselle yhdisteelle tai aineelle em. taulukossa annettuja ympäristölle vaarallisen jätteen pitoisuusrajoja (sarakkeet H410 ja H400). Yhteenlaskukaavoja ei ole täten tarpeen soveltaa, sillä muiden metallien pitoisuudet eivät olleet huomioitavalla tasolla (yli cut-off arvon). Sivukivet eivät luokitua ympäristölle vaaralliseksi jätteiksi, koska ympäristölle vaarallisten aineiden ja/tai yhdisteiden pitoisuudet eivät ylitä yksittäisten yhdisteiden osalta.

Sivukivien vaaraominaisuuksia tarkasteltaessa on tärkeää ottaa huomioon, että sivukiville ei ole jäteluettelossa annettu vaarallisen jätteen jätenumeroa (jotka luettelossa osoitetaan

* merkillä jätenumeron lopussa). Vaihtoehtoja on vain kaksi (01 01 01 "metallimineraalien louhinnassa syntyvät jätteet" ja 01 01 02 "muiden mineraalien louhinnassa syntyvät jätteet". Elementis Sotkamon sivukivet saavat jäteluettelon mukaisen luokituksen 01 01 02. Sivukivien osalta tarkastelua ei voida tehdä samoin kuin useimpien muiden jätteiden osalta, koska kivet ovat luonnonmateriaalia joka on nostettu uuteen ympäristöön. Niiden reagointi ympäristön kanssa on rajoitettua eli ns. reaktiivinen massa on paljon pienempi kuin koko massa. Kivilohkareesta vain pinta ja rakopinnan altistuvat uudelle ympäristölle, tässä tapauksessa ilmalle. Vaaraominaisuuksien arviointi pitäisi kohdistaa vain tähän mahdollisesti reagoivaan massan osuuteen.

6.3.8 Sivukivinäytteiden edustavuus

Sivukivien ominaisuuksia on tutkittu vuosina 2015 ja vuonna 2024. Viimeisimmät näytteet valittiin vuonna 2023 ja analyysitulokset valmistuivat vuonna 2024. Näytteenoton kuvaus on esitetty luvussa 6.3.1.

Vuoden 2015 näytteenotossa kustakin merkittävässä määrin muodostuvasta kivilajista tehtiin kokoomanäyte. Tuolloin samasta kivilajista otettiin useampi näyte eri kohdasta/sijainnista. Näin pystytään huomioimaan kivilajin sisäiset erot eli kivilajin koostumuksen heterogeenisyys.

Vuoden 2023 näytteenotossa huomioitiin vastaavalla tavalla kuin vuonna 2015 näytteenotossa kivilajien sisäinen heterogeenisyys. Näytevalinnassa hyödynnettiin jo olemassa olevaa kairatietoaineistoa ja kivilajien alkuainepitoisuuksia. Kokoomanäytteen sijaan kivilajista valittiin erilliset näytteet niin, että kivilajin koostumuserot nikkelin ja rikin suhteen huomioitiin. Näin saadaan parempi käsitys siitä, miten sama kivilaji käyttäytyy sen koostumuksen vaihdellessa.

6.4 Poraussoijan ominaisuudet

Alueella tehtävän malminetsinnän yhteydessä muodostuva kairauksen porasoija vastaa kemialliselta laadultaan malmin ja sivukivien laatua. Raekooltaan se on huomattavasti pienempää kuin louhittu malmi tai sivukivi.

Porasojan määrää eikä ominaisuuksia ei ole erikseen selvitetty.

6.5 Rikastushiekan ominaisuudet

Talkki- ja nikkelerikastuksen lopputuotteena muodostuu hienojakoista rikastushiekkaa (magnesiittihiekkaa).

Magnesiittihiekkaa muodostuu noin 70 % nostetun malmin määrästä. Nykyisillä malminlouhinnan vuosikapasiteeteilla (noin 350 000–600 000 milj. t/a) vuosina 2018–2023 muodostui yhteensä noin 300 000–460 000 milj. t/a rikastushiekkaa.

Rikastushiekan keskeisten metallien ja rikin kokonaispitoisuus ja liukoisuudet analysoidaan kokoomanäytteistä kahdesti vuodessa. Lisäksi määritetään rikastushiekan hapontuottopotentiaali ja neutralointikapasiteetti.

6.5.1 Rikastushiekan fysikaaliset ominaisuudet

Rikastushiekalle on tehty v. 1989 patoturvallisuusselvityksen yhteydessä laboratorioskokeita. Rikastushiekka vastaa kokeiden perusteella rakeisuudeltaan silttiä ja hienoainespitoisuus vaihtelee läjitysalueella selkeytysolosuhteiden mukaan. Tiiviissä tilassa magnesiittihiekan kitkakulmaksi on saatu kolmiakselikokeella $\phi=36^\circ$ ja tehokkaaksi koheesioksi $c=7.4$ kPa. Keskimääräinen vedenläpäisevyys on n. 1×10^{-6} m/s. Rikastushiekka-altaan korotusten suunnittelussa on käytetty magnesiittihiekalle leikkauskestävyysparametreina vuoden 2003 korotussuunnitelmaa vastaavasti $\phi=30^\circ$ - 33° ($c=0$ kPa), koska rikastushiekka jää läjitystekniikasta ja korotusosan rakentamistavasta johtuen verrattain löyhään tilaan. (Liite 4)

Rikastushiekalle on tehty lisäksi laboratoriotutkimuksia vuonna 2020 Mitta Oy:n toimesta. Rikastushiekka on myös tuolloin todettu rakeisuudeltaan silttiseksi hiekaksi. Keskimääräinen vedenläpäisevyys on n. 3×10^{-6} m/s.

6.5.2 Rikastushiekan mineralogia

Rikastushiekan mineralogialla on tutkittu vuonna 2023 otetusta rikastushiekan kokoomanäytteestä (Geochemic Ltd 2024a, Petrolab 2024). Rikastushiekka koostuu pääosin magnesiumkarbonaatista, minkä takia sitä kutsutaankin magnesiittihiekaksi. Muita merkittävässä määrin esiintyviä mineraaleja on talkki, kloriitti, dolomiitti ja sulfidimineraalit.

Taulukossa 6-15 on esitetty rikastushiekan kokoomanäytteen mineralogia perustuen XRD -menetelmään (Geochemic Ltd 2024a), sekä SEM-EDX menetelmään (Petrolab 2024). SEM-EDX -menetelmä perustuu pieneen määrään näytettä ja siksi on edustavuudeltaan heikohko vaikka menetelmän herkkyys (havaitsemisraja) on yleisesti XRD -menetelmää parempi. SEM-EDX -analyysilla saatu korkea pentlandiittipitoisuus on peräisin yhdestä suuresta pentlandiittirakeesta eikä edusta koko näytettä. Kokoomanäytteen matalan nikkelpitoisuuden (0,1 %) perusteella voidaan todeta, että pentlandiitin ((Fe,Ni)₉S₈) määrä voi olla korkeintaan 0,2 % luokkaa.

Taulukko 6-15. Rikastushiekan v. 2023 kokoomanäytteen mineralogia SEM-EDX-menetelmällä (Petrolab 2024) ja XRD-menetelmällä (Geochemic Ltd 2024a) analysoituna. Rh = rikastushiekka.

Kivilaji	Rh kokooma 2023 (SEM-EDX)	Rh kokooma 2023 (XRD)
Mineraali	m-%	m-%
Magnesiitti	54	55
Talkkiryhmä	23	34
Kloriitti	13	10
Pyrrotiitti	2,6	
Pentlandiitti	5,1	
Dolomiitti	0,6	0,7
Aksessoriset	0,4	
Pyriitti	0,3	

Kivilaji	Rh kokooma 2023 (SEM-EDX)	Rh kokooma 2023 (XRD)
Mineraali	m-%	m-%
Kromi-magnetiitti	0,1	
Sideriitti	0,2	
Kvartsi	0,1	0,2
Maasälvät	0,002	
Kalsiitti	0,004	

6.5.3 Rikastushiekan geokemialliset ominaisuudet

Alla olevissa kappaleissa on esitetty vuosina 2021–2023 otettujen rikastushiekanäytteiden geokemiallisia ominaisuuksia. Esitetyt tulokset ovat peräisin velvoitetarkkailunäytteistä ja rikastushiekan geokemiallisesta peruskarakterisoinnista vuodelta 2024. Rikastushiekkaa johdetaan rikastushiekka-altaalle kahta eri läjityslinjastoa pitkin. Peruskarakterisoinnin ”Rh kokooma”-näytteeseen on rikastushiekkaa otettu kummastakin läjityslinjasta läjitysmäärien suhteessa.

Taulukossa 6-16 on esitetty rikastushiekan kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet vuosina 2021–2023. Pitoisuudet on esitetty kuiva-ainepitoisuuksina.

Rikastushiekassa havaittiin kohonneita arseenin, koboltin, kromin, nikkelin ja antimonin pitoisuuksia. Rikastushiekan kuningasvesiliukoiset pitoisuudet vuonna 2023 olivat arseenin ja kromin osalta lähes samaa tasoa kuin vuonna 2022. Nikkelin pitoisuus oli kummassakin vuoden 2023 näytteessä suurempi kuin vuoden 2022 näytteissä. Myös antimonin pitoisuus kasvoi. Arseenin, nikkelin ja kromin pitoisuudet ovat tyypillisesti ylittäneet nk. PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaiset ylemmät ohjearvonsa. Antimonin pitoisuus on aika ajoin ylittänyt alemman ohjearvon. Koboltin pitoisuus on ylittänyt kynnysarvonsa säännöllisesti. Kuningasvesiliukoisissa pitoisuuksissa on havaittavissa vuosittaista vaihtelua, mutta ei merkittäviä muutoksia pidemmällä aikavälillä lukuun ottamatta kadmiumia, jonka pitoisuus oli alle kynnysarvon molemmissa vuoden 2023 näytteissä aiemman kynnysarvon ylityksen sijaan.

Taulukko 6-16. Vuosien 2021–2023 rikastushiekkänäytteiden kuningasvesiliukoiset metalli- ja metallidipitoisuudet ja vertailu VNA 214/2007 mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin. Näytteet on otettu kaksi kertaa vuodessa. Taulukossa on lisäksi esitetty vuoden 2023 kokoomanäytteen nelihappouuton tulokset. Huom. nelihappouuton tulosten vertailu PIMA-asetuksen mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin ei ole kaivannaisjäteasetuksen 190/2013 liitteen 1 mukainen menettely.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Rh 2021 alkuvuosi	73	1,7	31	990	<10	0,1	550	<5	13	12	11
Rh 2021 loppuvuosi	140	3,2	39	780	<10	0,1	790	<5	5	13	5
Rh 2022 alkuvuosi	120	2,5	32	870	<10	0,1	530	<5	5	12	15
Rh 2022 loppuvuosi	91	1,3	31	830	<10	0,1	590	<5	5	16	15
Rh 2023 alkuvuosi	83	0,6	35	860	<10	0,1	640	<5	12	14	17
Rh 2023 loppuvuosi	110	0,7	36	850	<10	0,1	710	<5	15	15	18
Rh kokooma 2023*	130	0,03	53	2340	3,3	0,007	1050	0,8	1,8	33	57

*Kokoomanäytteen tulokset ovat nelihappouuton tuloksia. Nelihiappouutto on tehokkaampi menetelmä kuin kuningasvesiututto.

Hapontuottopotentiaali

Taulukossa (Taulukko 6-17) on esitetty rikastushiekkänäytteiden ABA-testin tulokset v. 2021–2023. Hapontuottopotentiaalin (AP) ja neutralointipotentiaalin (NP) suhteesta on laskettu neutralointipotentiaalisuhde eli NPR ($NPR = NP/AP$). NPR-arvon perusteella voidaan arvioida materiaalin todennäköisyyttä aiheuttaa hapanta valumaa.

Vuosittaisten näytteiden välillä on hajontaa, mikä voi johtua mm. louhittavan materiaalin laadusta ja samalla myös rikastushiekan epähomogeenisuudesta, huolellisesta ja edustavasta näytteenotosta huolimatta. Vuoden 2023 rikastushiekkänäytteiden NPR on matalampi kuin aiempina vuosina. Näytteiden perusteella happaman valuman synty on mahdollista, jos hapontuotto on nopeampaa kuin sen neutralointi. Rikastushiekan sulfidisen rikin pitoisuus on alhainen, eikä siinä ole tarkkailun kahtena viime vuotena tapahtunut merkittäviä muutoksia, joten happaman valuman syntyä voidaan pitää epätodennäköisenä.

Magnesiittihiekan neutralointikapasiteetin arvioinnissa on huomioitava, että magnesiittihiekan sisältämä magnesiitti ($MgCO_3$) reagoi erittäin hitaasti, ja siten ei todennäköisesti ehdi täysin reagoida ABA-testiin kuuluvan titrauksen aikana. Standardin SFS EN 15875 mukaan tehtynä ABA-testin tulos siis aliarvioi rikastushiekan neutralointikapasiteettia, parempi käsitys rikastushiekan puskurikapasiteetista saadaan karbonaattisen hiilen avulla. Rikastushiekassa oleva hiili on pääosin peräisin karbonaattista, hiilipitoisuus on pysynyt varsin vakaana vuosina 2021–2023. Kun neutralointikykyä tarkastellaan laskennallisesti karbonaattisen hiilen perusteella, vaihtelee

hapontuottokyvyn ja neutralointikapasiteetin suhde välillä 40–88 vuosien 2021–23 tarkkailutulosten perusteella (Taulukko 6-18).

Taulukko 6-17. Rikastushiekkänäytteiden hapontuottokyky v. 2021–2023. Taulukossa esitetään rikin kokonaispitoisuus (S kok, %), sulfidisen rikin pitoisuus (S sulf., %) ja niiden suhde; hiilen kokonaispitoisuus (C kok %); epäorgaanisen hiilen pitoisuus (C epäorg., %), hapontuottopotentiaali (AP), neutralointipotentiaali (NP) ja niiden suhde (NPR).

	S kok	S sulf.	S _{sulf} /S _{kok}	C kok.	C epäorg.	AP	NP	NPR
	%	%		%	%	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t	
Rh 2021 alkuvuosi	0,29	0,24	0,83	7,9	7,7	7,5	35	4,7
Rh 2021 loppuvuosi	0,74	0,50	0,68	7,7	7,7	16	34	2,2
Rh 2022 alkuvuosi	0,46	0,39	0,86	8,0	2,6	12	82	6,7
Rh 2022 loppuvuosi	0,37	0,33	0,89	7,8	5,2	10	62	6,0
Rh 2023 alkuvuosi	0,42	0,32	0,77	8,4	2,6	10	16	1,6
Rh 2023 loppuvuosi	0,44	0,30	0,68	8,4	3,9	9,4	14	1,5
Rh kokooma 2023	0,60	0,05	0,09	7,5	7,5	18	104	5,8

Taulukko 6-18. Rikastushiekkänäytteiden laskennallinen neutralointikapasiteetti v. 2021–2023.

	S kok	S sulfidi	C	CaCO ₃ (lask.)	NP(karb.)	NPR (karb.)
	%	%	mg/kg	mg/kg	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t
Rh 2021 alkuvuosi	0,29	-	79 000	658 377	658	88
Rh 2021 loppuvuosi	0,74	-	77 000	641 709	642	40
Rh 2022 alkuvuosi	0,46	0,39	80 000	666 711	667	56
Rh 2022 loppuvuosi	0,37	0,33	78 000	650 043	650	65
Rh 2023 alkuvuosi	0,42	0,32	84 000	700 047	700	70
Rh 2023 loppuvuosi	0,44	0,30	84 000	700 047	700	74

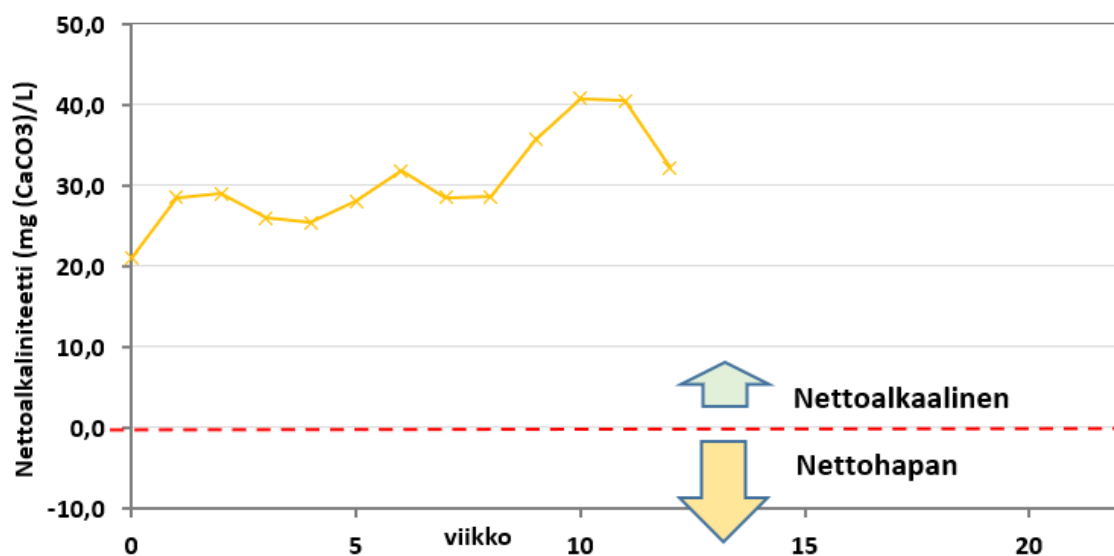
Rikastushiekan hapontuottopotentiaalia on tutkittu lisäksi NAG-testillä vuoden 2023 kokoomanäytteestä (Taulukko 6-19). NAG-testissä keiton jälkeinen pH ei laskenut ollenkaan alle pH 7 eikä testiä jatkettu pidemmälle. Rikastushiekan kokoomanäyte ei ollut NAG-testin perusteella happoa muodostavaa.

Taulukko 6-19. Sotkamon tehtaan rikastushiekan kokoomanäytteen NAG-testin tulokset vuonna 2023.

Näyte	pH ennen kuumennusta	pH kuumennuksen jälkeen	pH 4.5 NAG	pH 7.0 NAG	NAG (kok)
			kg H ₂ SO ₄ eq/t		
Rh kokooma 2023	8,0	8,4	0	0	0

6.5.4 Arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä ja liukoisuusominaisuudet

Kaivannaisjätteiden staattisilla testeillä saadaan arvio jättejakeiden ominaisuuksista yleisellä tasolla. Esimerkiksi NAG-testin loppuliuksen koostumuksen perusteella voidaan arvioida, kuinka paljon haitta-aineita vapautuu kaivannaisjätteen hapettuessa lähes täydellisesti. Testi ei kuitenkaan anna käsitystä esimerkiksi hapontuottopotentialin ja neutralointipotentiaalin kulumisen ajallisesta suhtautumisesta toisiinsa. Mikäli nopeasti liukenevat neutraloivat mineraalit, kuten karbonaatit, kuluvat loppuun nopeammin kuin hapontuottopotentiali, on vaarana, että pitkällä aikavälillä kaivannaisjätteen kontaktivesi voi alkaa happamoitua. Staattisilla testeillä ei myöskään pystytä määrittämään sulfidien hapettumisen ajallista yhteyttä toisiinsa, esimerkiksi rautasulfideista tyypillisesti magneettikiisu hapettuu varhaisessa vaiheessa, kun taas pyriitin hapettumisen käynnistyminen kestää kauemmin ja kidemuotoisista pyriiteistä sulfaattia voi vapautua hyvinkin pitkällä aikavälillä. Esimerkkinä kosteuskammiokokeen tuloksesta esitetään kuvassa (Kuva 6-8) rikastushiekan nettoalkaliteetin kehitys ensimmäisen 12 viikon aikana. Tämänhetkisten tulosten perusteella rikastushiekan kontaktivedestä ei muodostu hapanta valumaa korkean neutralointipotentiaalin vuoksi.



Kuva 6-8. Rikastushiekan nettoalkaliniteetin kehittyminen kosteuskammiokokeen viikoilla 0–12.

Taulukossa (Taulukko 6-20) näytetään rikastushiekasta peroksidihapettumisen (NAG-testi) seurauksena vapautuvien aineiden määrät, sekä vapautuva osuus kokonaispitoisuudesta (%). Emäksisiä kontaktivesiä muodostavien materiaalien kohdalla NAG-testissä voi osa vapautuvista aineista osa sakkautua testin kuumennusvaiheessa pH:n noustessa korkeammalle kuin luontaisissa olosuhteissa on mahdollista. Mikä sakkautumista tapahtuu, vapautuva ainemäärä aliarvioidaan käytettäessä NAG-testin tulosta.

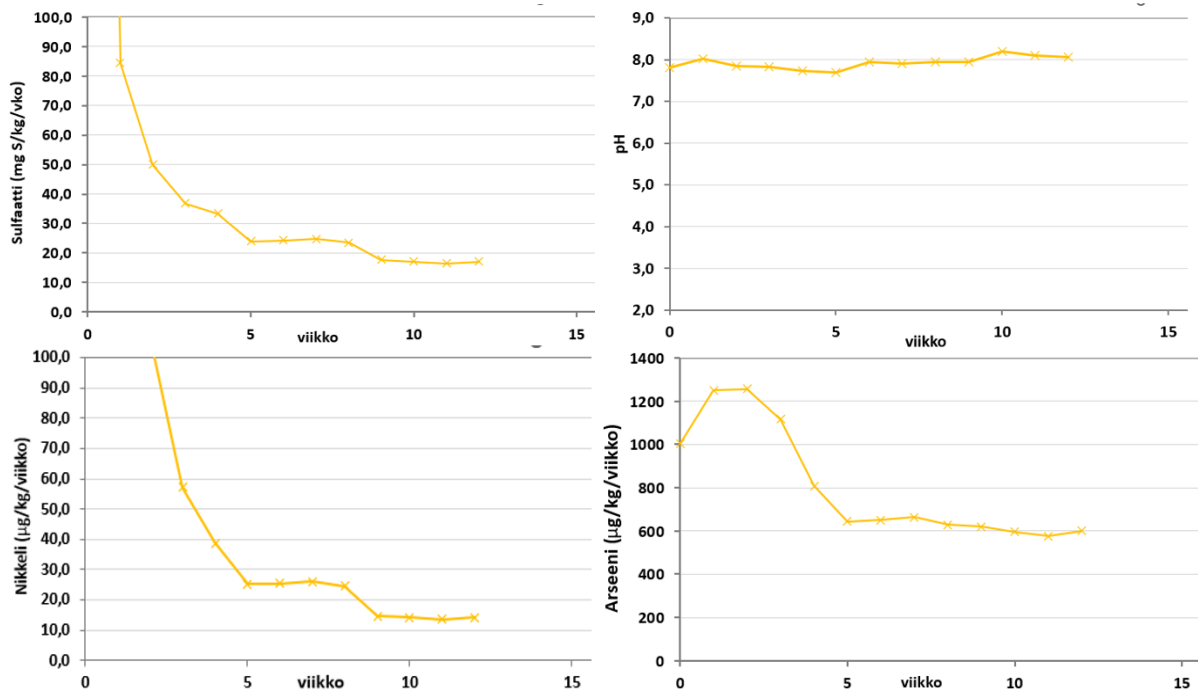
Taulukko 6-20. Rikastushiekasta hapettumisen seurauksena (NAG-uutteeseen) vapautuvat ainemäärät (mg/kg), sekä vapautuva osuus kokonaisainemäärästä (%). Tulokset Geochemic Ltd. (2024b) mukaan. NAG-testissä vapautuvasta ainemäärästä osa voi sakkautua jo testin aikana eikä siksi ole havaittavissa uutteenä.

	NAG-uutteeseen vapautuu (mg/kg)	NAG-uute (% kok. määrästä)
As	8,38	6,4
Cd	0,0005	1,7
Co	0,010	<0,1
Cr	16,6	0,7
Cu	0,17	5,0
Ni	0,098	<0,1
Pb	0,081	10
Sb	0,93	53
V	0,43	1,3
Zn	0,88	1,5
S	3330	58
Si	943	0,8
Al	0,17	<0,1
Fe	1	<0,1
Ca	459	22
Mg	2670	1,2
Na	22,9	31
K	23,8	14

Kuvassa (Kuva 6-9) näytetään pH:n, sekä sulfaatti-, nikkeli- ja arseenipitoisuuden kehitys kosteuskammiokoeksessa ensimmäisen 12 viikon aikana. Tulosten perusteella voidaan alustavasti arvioida hapettumisen aiheuttamaa vaikutusta rikastushiekassa. Koetta jatketaan arvioiden tarkentamiseksi pitkäaikaiskäyttämisen osalta. Ensimmäisen 5 viikon aikana tapahtuu ns. "alkuhuuhtoutuminen", jonka aikana on tyypillistä, että helppoliukoisiin yhdisteisiin sitoutuneita aineita vapautuu runsaasti. Tämän jälkeen varsinaisten sulfidimineraalien hapettumisen aiheuttamat vaikutukset alkavat näkyä paremmin. Sulfideihin sitoutuneiden aineiden vapautuminen usein seuraa sulfaatin vapautumisen käyttäytymistä. Kuvassa (Kuva 6-9) nikkelin vapautuminen korreloi sulfaatin kanssa eli nikkeli on todennäköisesti peräisin pentlandiitista. Rauta sakkautuu usein testilaitteistoon eikä näy viikkoliuoksessa. Arseenin pitoisuus on odottamattoman korkea. Varsinaista syytä poikkeukselliselle käyttäytymiselle ei löydetty. Arseenia vapautuu tuloksen mukaan noin 40 kertaa enemmän kuin nikkeliä, vaikka sen kokonaismäärä rikastushiekassa on noin 10 kertaa pienempi. Mineralogisen analyysin mukaan rikastushiekan arseeni esiintyy pääasiassa gersdorfiitissa (NiAsS), jolloin arseenin vapautuminen noudattelisi läheisesti nikkelin vapautumiskäyttäytymistä. Viikolla 12 lähes 10 % rikastushiekanäytteen koko arseenipitoisuudesta on poistunut. Havaintoa tukee rikastushiekka-altaan vesien tarkkailu, jonka perusteella arseenia poistuu rikastushiekka-

altaalta dekantointiveden mukana enemmän kuin sitä prosessiveden mukana sinne saapuu. Tällä voi olla positiivinen vaikutus rikastushiekan pitkäaikaikäyttämiseen arseenin suhteen eli vapautuminen pitkällä aikavälillä on vähäisempää.

Alustavista kosteuskammiokokeen tuloksista voidaan päätellä, että rikastushiekassa olevat sulfidit lähtevät hapettumaan, mikäli hiekka pääsee kuivumaan ja siten altistuu hapelle. Rikastushiekassa olevien rautasulfidien hapettuminen aiheuttaa rautahydroksidien muodostumista. Korkean neutralointipotentiaalin ansiosta rautahydroksidit sorboivat monia vapautuvia metalleja (esim. kupari ja sinkki). Neutraalille valumalle tyypilliset metallit, kuten nikkeli, sorboituvat huonosti ja siten voivat esiintyä rikastushiekan kontaktivedessä kohonneina pitoisuuksina. Viipymä, joka lisää sorboitumista, on rikastushiekka-alueella pidempi kuin kosteuskammiokokeessa, joten kosteuskammiokoe yliarvioi tämän suhteen pitoisuuksia.



Kuva 6-9. Rikastushiekan pH:n, sekä sulfaatti-, nikkeli- ja arseenipitoisuuksien kehitys kosteuskammiokokeessa viikoilla 0–12.

Liukoisuusominaisuudet

Rikastushiekan 2-vaiheisen ravistelutestin tulokset vuodelta 2023 on esitetty taulukossa 6-21. Rikastushiekassa alkuaineiden liukoisuudet olivat pieniä lukuun ottamatta arseenia ja antimonia. Arseenin liukoisuus ylitti valtioneuvoston asetuksen 331/2013 vaarattoman jätteen kaatopaikalle annetun raja-arvon, antimonin liukoisuus puolestaan pysyvän jätteen kaatopaikan kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvon. Muiden ominaisuuksien osalta pysyvän jätteen kaatopaikan kelpoisuuskriteerit täyttyivät.

Taulukko 6-21 Rikastushiekkänäytteiden liukoisuudet vuoden 2022 lopusta vuoden 2023 loppuun ja VNA 331/2013 liitteen 3 mukaiset kaatopaikkakelpoisuuskriteerit pysyvän, vaarattoman ja vaarallisen jätteen kaatopaikoille.

	Näytteet			VNA 331/2013 mukaiset kaatopaikkakelpoisuusarvot, L/S 10		
	Rikastushiekka 2022 loppuvuosi	Rikastushiekka 2023 alkuvuosi	Rikastushiekka 2023 loppuvuosi	Pysyvä	Vaaraton	Vaarallinen
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
As	7,2	6,7	7,8	0,5	2	25
Ba	<2,5	<2,5	<2,5	20	100	300
Cd	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	1	5
Cr	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	10	70
Cu	<0,4	<0,4	<0,4	2	50	100
Hg	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	2
Mo	<0,1	0,4	0,3	0,5	10	30
Ni	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	10	40
Pb	<0,05	0,05	<0,05	0,5	10	50
Sb	0,4	0,4	0,3	0,06	0,7	5
Se	<0,03	0,07	0,08	0,1	0,5	7
Zn	<0,8	<0,8	<0,8	4	50	200
V	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-
Cl ⁻	<160	<160	<160	800	15 000	25 000
F ⁻	<2,0	<2,0	<2,0	10	150	500
SO ₄ ²⁻	660	580	500	1000	20 000	50 000
DOC	<100	<100	<100	500	800	1 000
TDS	1400	1400	1000	4000	60 000	100 000

6.5.5 Rikastushiekan kemikaalijäämät

Rikastusprosessissa käytettävät kemikaalit on esitetty luvussa 3.7. Kemikaaleja palautuu prosessiin myös sisäisestä vesikierrosta, mikä huomioidaan kemikaalien annostelussa. Kokoojakemikaalina käytettävää natriumetyyliksantaattia kertyy rikasteeseen, mutta sitä voi myös päätyä rikastushiekan mukana rikastushiekka-altaalle. Ksantaatit ovat vesiympäristölle vaarallisia aineita, mutta haittavaikutus edellyttäisi niiden päätymistä vesiympäristöön merkittävinä määrinä.

6.5.6 Rikastushiekan radiologiset ominaisuudet

Säteilyasetuksen (1512/1991) 29 §:n mukaan säteilyturvakeskukselle tulee ennen toiminnan aloittamista tehdä ilmoitus sellaisten luonnonvarojen laajamittaisesta hyödyntämisestä, joiden uraani- tai toriumpitoisuus on suurempi kuin 0,1 kilogrammaa tonnissa (100 mg/kg), lukuun ottamatta ydinenergialain (990/87) nojalla valvottavaa toimintaa.

Elementisin rikastushiekalle on tehty U- ja Th-aktiivisuuspitoisuuksien tarkastelu STUK:in ohjeistuksen (STUK 2021) mukaisesti. Aktiivisuuspitoisuudet määritettiin laskennallisesti nelihappouuttotuloksista. Nelihappouuton uraani ja toriumpitoisuudet on määritetty ICP-MS-tekniikalla. U-238 aktiivisuuspitoisuus laskettiin $12.4 \times$ pitoisuus (mg/kg) ja Th-232 laskettiin $4.1 \times$ pitoisuus (mg/kg). Vapautusraja on 1000 Bq/kg kunkin radionuklidin osalta eli mikään aktiivisuuspitoisuus erikseen ei saa ylittää tuota raja-arvoa. Rikastushiekasta oli kolme näytettä, joiden U-238 aktiivisuuspitoisuus oli kaikissa näytteissä $<0,6$ Bq/kg ja Th-232 aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä $<0,2-0,7$ Bq/kg. Minkään radionuklidin aktiivisuuspitoisuus ei siis ylittänyt vapautusrajaa 1000 Bq/kg. Yhtiö on laatinut säteilylain 146 § mukaisen selvityksen Sotkamo kaivoksen ja tehdasalueen osalta 17.12.2024 ja täydentänyt sitä 14.1.2025 ja 27.3.2025. Säteilyturvallisuukskeskus STUK antoi ilmoituksen 3.4.2025 että toimitettu selvitys on riittävä säteilylain 146 §:n mukaiseksi selvitykseksi.

6.5.7 Kuitumineraalit

Rikastushiekan mineralogian (Taulukko 6-15) mukaan rikastushiekassa on hyvin pieniä pitoisuuksia mineraaleja, jotka voivat esiintyä asbestimuotoisena (amfibolit ja serpentiini). Täten on hyvin epätodennäköistä, että rikastushiekassa esiintyisi asbestia tai muita kuitumuotoisia mineraaleja (erioniitti) merkittävässä määrin. Työhygienian selvityksen (Työterveyslaitos, 2024) mukaan asbestipitoisuus oli alle 10 % sitovasta raja-arvosta havaintoasemalla "Rikastamo". Asbestipitoisuus oli alle 10 % sitovasta raja-arvosta myös kaikilla muilla havaintoasemilla.

6.5.8 Rikastushiekan vaaraominaisuuksien arviointi

Rikastushiekkojen ympäristövaarallisuutta on arvioitu Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (Taulukko 6-22) vaaraominaisuuden HP14 "ympäristölle vaarallinen" osalta. Rikastushiekan pitoisuuksissa on huomioitu tiivistyneen rikastushiekan kosteus (30 %). Olettaen varovaisuusperiaatteen mukaisesti kaiken nikkelin olevan rikastushiekassa vaarallisimmassa mahdollisessa muodossa eli nikkelisulfaattina, ylittyy cut-off raja vaaraominaisuuksien H400 ja H410 osalta. Minkään muun alkuaineen osalta cut-off raja ei ylity, joten yhteenlaskukaavoja ei tarvitse soveltaa ja rikastushiekka luokituu vaarattomaksi jätteeksi. Se ei saa vaaraominaisuutta HP 14 "ympäristölle vaarallinen".

EY:n CLP-asetuksen liitteen VI taulukon mukaisen vaarallisten aineiden luettelon (EY 1272/2008), Komission asetuksen N:o 1357/2014, (EU) 2017/997:n sekä YM (2019) perusteella rikastushiekka voidaan luokitella vaarattomaksi jätteeksi. Se saa jäteluettelon mukaisen nimen "Muiden kuin metallimineraalien fysikaalisessa ja kemiallisessa käsittelyssä syntyvät jätteet" (01 04) – "muut kuin nimikkeissä 01 04 07 ja 01 04 11 mainitut mineraalien pesussa ja puhdistuksessa syntyvät rikastushiekat ja jätteet" (**01 04 12**).

Taulukko 6-22. Elementisin rikastushiekan ympäristövaarallisuuden arviointi Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Keskiarvot on laskettu vain velvoitetarkkailun mukaisista analyyseistä.

	Pitoisuusraja (mg/kg)				Rh 2021	Rh 2022	Rh 2023
Alkuaine	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic, H410	Cut-off	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Sb			25000	10000	6	4	9
As	250000	1000	2500	1000	75	74	68
Cd	250000	1000	2500	1000	2	1	0
Co (CoO)	200000	790	2000	790			
Co (CoCl ₂)	110000	450	1100	450			
Co (CoSO ₄)	95000	380	9500	380	25	22	25
Cr(VI)	250000	1000	2500	1000	620	595	599
Hg	250000	1000	2500	1000			
Cu (CuSO ₄)	100000	400	1000	400	4	4	4
Cu (CuCl ₂)	120000	470	12000	4700			
Pb	250000	1000	25000	1000	2	2	2
Ni (NiSO ₄)	95000	380	950	380	469	392	473
Ni (NiS)	150000	600	1500	600			
Zn (ZnCl ₂)	120000	470	1200	470			
Zn (ZnSO ₄)	100000	4000	1000	400	6	11	12
V (V ₂ O ₅)			14000	5600	9	10	10

6.6 Vesienkäsittelyssä muodostuvat sakat

Vesienkäsittelyssä muodostuvia sakkoja ovat Soidinsuon altaan nikkelisakka/vesienkäsittelysakka sekä sivukivialueen suotovesien neutralointisakka. Lisäksi sakkoja muodostuu satelliittilouhoksilla. Uutelan satelliittilouhokselta on ajanjaksolla lokakuusta 2020 vuoteen 2024 toimitettu vesienkäsittelysakkaa Sotkamon tehtaan Soidinsuon altaalle yhteensä noin 322 tonnia (Elementis 2024). Vuosittain määrä on noin 10–30 % Soidinsuon altaalle läjitettävästä kokonaismäärästä (määrät vuosille 2021–2023 esitetään taulukossa 5-1). Uutelan vesienkäsittelysakka toimitetaan geotuubeissa ja lietteenä. Uutelaa koskevat tulokset esitetään omina kokonaisuuksinaan (AFRY Finland Oy 2024d).

6.6.1 Soidinsuon vesienkäsittelysakan ja neutralointisakan geokemialliset ominaisuudet

Taulukossa 6-23 on esitetty Sotkamon kaivoksen Soidinsuon altaan nikkelisakka/vesienkäsittelysakan ja sivukivialueen suotovesien käsittelyssä muodostuvan

neutralointisakan kuningasvesiliukoiset pitoisuudet vuonna 2023. Tuloksia verrataan PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnyks- ja ohjearvoihin. Soidinsuon altaan vesienkäsittelysajassa arseenin, kobolttin, kromin, nikkelin ja antimonin pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen ylempään ohjearvoon. Sivukivialueen vesienkäsittelyn neutralointisajassa ylempi ohjearvo ylittyy nikkelin ja sinkin osalta. Molemmissa sakkajakeissa kadmiumin pitoisuus ylittää asetuksen kynnyksarvon. Lisäksi sivukivialueen suotovesien käsittelyn neutralointisajassa kobolttin ja antimonin pitoisuudet ylittävät asetuksen kynnyksarvon.

Taulukko 6-23. Sotkamon kaivoksella muodostuvien vesienkäsittely- ja neutralointisakkajakeiden kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet ja vertailu PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnyks- ja ohjearvoihin.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/k g	mg/k g	mg/k g	mg/k g	mg/k g	mg/k g	mg/k g	mg/k g	mg/k g	mg/k g	mg/k g
Määrittäysraja	10	0,4	10	5	10	0,2	10	5	10	10	10
Kynnyksarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Vesienkäsittelysajaka 2023	1500	6,1	270	590	12	0,1	5200	10	66	12	91
Vesienkäsittelysajaka 2024	100	2,2	32	920	<10	<0,2	860	<5	19	15	110
Neutralointisajaka 2023	5	5,3	42	2,5	11	0,1	1400	2,5	5	5	900
Neutralointisajaka 2024	<10	3,6	27	<5	<10	<0,2	930	<5	<10	<10	700

Taulukossa 6-24 on esitetty vesienkäsittelyssä muodostuvien sakkajakeiden vuoden 2023 ja 2024 näytteiden ABA-testin tulokset.

Taulukko 6-24. Sotkamon kaivoksella muodostuvien vesienkäsittely- ja neutralointisakkajakeiden rikin kokonaispitoisuus, sulfidisen rikin pitoisuus sekä osuus rikin kokonaispitoisuudesta, nettohapontuottokapasiteetti (AP), neutralointipotentiaali (NP) ja hapontuotto-kapasiteetin ja neutralointipotentiaalin suhde (NPR).

Näyte	S (kok)	S (sulf.)	S(SO ₄)	AP	NP	NPR
	%	%	%	kg CaCO ₃ / tn	kg CaCO ₃ / tn	
Vesienkäsittelysajaka 2023	2,0	1,8		56	130	2,4
Vesienkäsittelysajaka 2024	0,217	0,09	0,13	2,81	59,4	21,1
Neutralointisajaka 2023	10	0,02		1,3	320	260
Neutralointisajaka 2024	16,9	0,72	16,2	22,3	340	15,2

6.6.2 Soidinsuon vesienkäsittelysakan ja neutralointisakan liukoisuusominaisuudet

Taulukossa 6-25 on esitetty Sotkamon kaivoksen vesienkäsittelyssä ja neutraloinnissa muodostuvien sakkojen kaksivaiheisen ravistelutestin (L/S 10) tulokset.

Vesienkäsittelyssä muodostuvien sakkojen haitta-aineiden liukoisuudet ovat pienet ja täyttävät suurilta osin pysyvän jätteen kaatopaikan vaatimukset. Vesienkäsittelysakan uuttoliuoksessa antimonin ja sulfaatin pitoisuudet ylittävät pysyvän jätteen kaatopaikkasijoitukselle asetetut raja-arvot, mutta täyttävät vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerit. Neutralointisakan 2-vaiheisen ravistelutestissä vuonna 2023 fluoridin ja sulfaatin pitoisuudet sekä liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS) ylittävät pysyvän jätteen kaatopaikkasijoitukselle asetetut raja-arvot, mutta täyttävät vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerit. Vuonna 1-vaiheisessa ravistelutestissä 2024 ainoastaan sulfaatti ja TDS ylittivät pysyvän jätteen kaatopaikan raja-arvon.

Taulukko 6-25. Sotkamon kaivoksen vesienkäsittelysakan sekä sivukivialueen suotoveden neutralointisakan liukoisuustestin (L/S 10) tulokset sekä kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) liitteen 3 mukaiset raja-arvot.

Alkuaine	Vesienkäsittelyn sakka	Vesienkäsittelyn sakka	Neutralointisakka	Neutralointisakka*	VNA 1030/2021 mukaiset kaatopaikkakelpoisuusraja-arvot, L/S 10		
					Pysyvä	Vaaraton	Vaarallinen
Kaatopaikkaluokitus	2023	2024	2023	2024*	mg/kg	mg/kg	mg/kg
As	<0,05	0,35	<0,05	<0,05	0,5	2	25
Ba	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	20	100	300
Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	0,04	1	5
Cr	<0,1	<0,1	0,1	<0,10	0,5	10	70
Cu	<0,4	<0,4	<0,4	<0,40	2	50	100
Hg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	2
Mo	0,3	<0,1	0,3	<0,10	0,5	10	30
Ni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	0,4	10	40
Pb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,5	10	50
Sb	0,37	0,67	<0,03	<0,03	0,06	0,7	5
Se	0,06	<0,03	0,07	<0,03	0,1	0,5	7
Zn	<0,8	<0,8	<0,8	<0,80	4	50	200
V	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	-	-	-
Cl ⁻	<160	<160	<160	<160	800	15 000	25 000
F ⁻	<2,0	<2,0	17	<2,0	10	150	500
SO ₄ ²⁻	14 600	1969	14 700	22 000	100	20 000	50 000
DOC	<100	<100	<100	<100	500	800	1 000
TDS	2 300	3 500	23 000	33 000	400	60 000	100 000

Alkuaine	Vesienkäsittelyn sakka	Vesienkäsittelyn sakka	Neutralointisakka	Neutralointisakka*	VNA 1030/2021 mukaiset kaatopaikkakelpoisuusrajat, L/S 10		
Kaatopaikkaluokitus	2023	2024	2023	2024*	Pysyvä	Vaaraton	Vaarallinen
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg

*1-vaiheinen ravistelutesti

6.6.3 Soidinsuon vesienkäsittelysakan ja neutralointisakan vaaraominaisuuksien arviointi

Vesienkäsittelysakkojen ympäristövaarallisuuden arviointi vuoden 2023 ja 2024 kuningasvesiliukoisista pitoisuuksista on esitetty taulukossa 6-26.

Taulukko 6-26. Elementisin vesienkäsittelysakkojen ympäristövaarallisuuden arviointi Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Kokonaispitoisuudet määritetty kuningasvesiutolla. Pitoisuuksissa on huomioitu sakkojen kuiva-ainepitoisuus läjityksessä. Vesienkäsittelysakan kuiva-ainepitoisuus on 51 m-% ja neutralointisakan 36 m-%.

Alkuaine	Pitoisuusraja				Vesienkäsittelysakka 2023	Vesienkäsittelysakka 2024	Neutralointisakka 2023	Neutralointisakka 2024
	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic 1, H410	Cut-off	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Sb			25 000	10 000	33	9,7	2	3,6
As	250 000	1 000	2 500	1 000	760	51	2	3,6
Cd (Cd(OH) ₂)	192 000	770	1 920	770	3	1,1	2	1,3
Hg	250 000	1 000	2 500	1 000		0,1		0,07
Cu (Cu(OH) ₂)	160 000	650	16 000	650	6	5,1	4	3,6
Pb	25 0000	1 000	25 000	1 000	5	2,6	1	1,8
Ni (Ni(OH) ₂)	160 000	630	1 600	630	2 600	440	510	330

Edellä olevan taulukon mukaisesti vesienkäsittelysakan nikkelpitoisuus tuorepainoksi muunnettuna ylittää pitkäaikaisia haittavaikutuksia aiheuttavan raja-arvon (H410) vuoden 2023 näytteessä, kun nikkelin oletetaan esiintyvän täysin nikkelihydroksidina (Ni(OH)₂). Vuoden 2024 näytteessä mikään alkuaine ei ylitä raja- tai cut-off -arvoja. Vuosien 2023 ja 2024 näytteiden keskimääräinen nikkelpitoisuus 1520 mg/kg läjityskosteudessa alittaa raja-arvon, ja koska ainoastaan nikkelpitoisuus ylittää cut-off -arvon ei yhteenlaskuun tarvitse edetä. Vesienkäsittelysakalla ei näiden tietojen perusteella ole vaaraominaisuutta HP14.

Mikään neutralointisakan pitoisuus ei ylitä vaaraominaisuudelle HP 14 asetettuja raja- tai cut-off arvoja, kun tarkastellaan metallien hydroksidimuotoja (Cd, Cu ja Ni) tai alkuaineita (Sb, As, Hg ja Pb). Neutralointisakalla ole vaaraominaisuutta HP14.

6.6.4 Uutelan vesienkäsittelysakkojen geokemialliset ominaisuudet

Uutelan kaivoksen vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan haitta-aine pitoisuudet esitetään taulukossa 6-27. Taulukossa esitetään kuiva-ainepitoisuudet (kp), joita käytetään VNA 190/2013 (liite 1) mukaisessa kaivannaisjätteen luokittelussa (raja-arvoissa viitataan PIMA-asetukseen 214/2007). Taulukossa esitetään myös pitoisuudet tuorepainossa (tp), jotka on laskettu kokonaispitoisuuksista kuiva-ainepitoisuuden avulla (ks. kappale 6.6.6). Tuorepainoa kohden olevia pitoisuuksia käytetään Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisessa luokittelussa (Komission tiedonanto 2018/C 124/01). Näihin perustuva vaaraominaisuuksien arvio esitetään kappaleessa 6.6.6.

Vesienkäsittelysakan metalli- ja metalloidipitoisuudet on määritetty kuningasvesiuutolla SFS-EN ISO11885:09 -standardin mukaisesti (Eurofins 2018, 2019 ja SGS 2024). Kuningasvesiuutto on kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) mukainen menetelmä. Kuningasvesiuutto on ns. osittainen hajotusmenetelmä, sillä osa mineraaleihin, kuten silikaatteihin, sitoutuneista metalleista ei liukene tällä menetelmällä täysin.

Taulukko 6-27. Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakan kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet (AFRY Finland Oy 2024d; SGS 2024) ja niiden kuiva-ainepitoisuuksien (kp) vertailu VNA 214/2007 mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin. Vuosina 2021-2022 tulos on kolmen näytteen keskiarvo (poikkeuksena sinkki (Zn, n=1)); vuonna 2023 n=4. Alle määritysrajan olleet pitoisuudet on merkitty kursivilla taulukkoon. Tulosten keskiarvolaskennassa alle määritysrajan tulokset on puolitettu. kp=kuivapaino, tp=tuorepaino.

Tunnus	Metallit (mg/kg)										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Sakkanäytteiden pitoisuudet esitettynä kuivapainossa											
2021 sakka (kp)	87	17	1000	3	17	<0,2	33 000	9	61	<10	11 000
2022 sakka (kp)	1 000	42	2 900	13	26	<0,2	85 000	17	63	<10	22 000
2023 sakka (kp)	1 500	120	2 600	18	42	<0,2	87 000	12	36	<10	42 000
Sakkanäytteet pitoisuudet esitettynä tuorepainossa (vesipitoisuus 93 %)											
2021 sakka (tp)	6	1,2	70	0,2	1,2	0,01	2 300	0,6	4	0,7	770
2022 sakka (tp)	72	2,9	200	0,9	1,8	0,01	6 000	1,2	4	0,7	1 600
2023 sakka (tp)	110	8,5	180	1,3	3,0	0,01	6 100	0,8	3	0,7	3 000

Uutelan sakoille ei ole tehty ABA-testausta vuosina 2021–2023, se ei ole vesienkäsittelysakkojen (toisin kuin kaivannaisjätteiden) jäteasetuksen (VNa 978/2021) mukainen analysointitapa. Vuosina 2018–2019 rikin kokonaispitoisuus oli 1,1–1,2 % sekä

neutralointipotentiaalisuhde (NPR) 20–31. Sakan kuningasvesiliukoisen rikin pitoisuus ICP-AES analyysin mukaan vuosina 2021–2023 esitetään taulukossa 6-28.

Taulukko 6-28. Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakan keskimääräinen rikkipitoisuus 2021–2023 (kuningasvesiuutto, ICP-AES analyysi).

	2021	2022	2023
Näytemäärä	3	3	4
S (mg/kg)	16 600	17 300	15 500

6.6.5 Uutelan vesienkäsittelysakkojen liukoisuusominaisuudet

Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakan liukoisia pitoisuuksia tutkittiin kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) mukaisesti ravistelutestillä (Taulukko 6-29). Useimmat vesienkäsittelysakan liukoiset pitoisuudet täyttävät pysyvän jätteen kaatopaikan vaatimukset.

Nikkelin pitoisuus ylittää vuosina 2022 ja 2023 pysyvän jätteen kaatopaikan raja-arvon. Antimonin pitoisuus ylittää vuosien 2022–2023 (1-vaiheissa) ravistelutestissä vaarattoman jätteen kaatopaikan raja-arvon. Vuoden 2021 2-vaiheisessa testauksessa antimonin vaarallisen jätteen kaatopaikan raja-arvo ei ylittynyt. Sulfaattipitoisuus ylitti vuoden 2022 ja 2023 sakoissa vaarattoman jätteen kaatopaikalle asetun raja-arvon.

Taulukko 6-29. Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakan ravistelutestin tulokset, sekä kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa käytettävät raja-arvot. Vuosina 2022–2023 testi oli 1-vaiheinen ravistelutesti (L/S 10, SGS 2024). Vuonna 2021 testi oli 2-vaiheinen (L/S 10; SGS 2024).

Alkuaineanalyysit				VNA 1030/2021 mukaiset kaatopaikkakelpoisuusraja-arvot, L/S 10		
	Sakka 2021	Sakka 2022	Sakka 2023	Pysyvä	Vaaraton	Vaarallinen
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Näytemäärä	1	2*	4			
Arseeni	<0,1	0,16	0,11	0,5	2	25
Barium	<4,0	<2,5	<2,5	20	100	300
Kadmium	<0,01	<0,01	0,01	0,04	1	5
Koboltti	<0,1	0,18	0,21			
Kromi	<0,1	<0,10	<0,10	0,5	10	70
Kupari	<0,4	<0,40	<0,40	2	50	100
Elohopea	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	2
Molybdeeni	<0,1	<0,10	-	0,5	10	30
Nikkeli	0,1	3,3	2,5	0,4	10	40
Lyijy	<0,1	<0,05	<0,05	0,5	10	50

Alkuaineanalyysit				VNA 1030/2021 mukaiset kaatopaikka- kelpoisuusraja-arvot, L/S 10		
	Sakka 2021	Sakka 2022	Sakka 2023	Pysyvä	Vaaraton	Vaarallinen
Antimoni	0,29	2,15	0,63	0,06	0,7	5
Seleeni	<0,03	<0,03	0,055	0,1	0,5	7
Vanadiini	<0,4	<0,50	<0,50			
Sinkki	<0,8	<0,80	<0,80	4	50	200
Fluoridi				10	150	500
Kloridi				800	15 000	25 000
Sulfaatti	3 900	36 000	24 400	1000	20 000	50 000

* Vuoden 2022 tuloksista on jätetty pois yksi näyte, jonka testauksessa raekoko oli muita testejä suurempi

6.6.6 Uutelan vesienkäsittelysakkojen vaaraominaisuuksien arviointi

Vaaraominaisuustarkastelu metallipitoisuuksien perusteella

Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakan ympäristövaarallisuutta on arvioitu Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (ks. kappale 6.3.7). Jätteen vaaraominaisuuksien arviointi ja luokittelu suoritetaan joko alun perin testattujen tai kuivapainoluvuista muunnettujen tuorepainojen perusteella (Komission tiedonanto 2018/C 124/01). Vesienkäsittelysakan pitoisuuksissa (Taulukko 6-30) huomioidaan siis kosteus. Vuosina 2021–2023 kuiva-ainepitoisuus vaihteli välillä 3,1–8,2 massa-% ja oli keskiarvona 6,6 %. Keskiarvosta on poistettu yksi vuoden 2021 mittaus (88,3 %) epärealistisena. Pitoisuudet tuorepainossa on laskettu käyttäen kuiva-ainepitoisuutena 7 %. Vuonna 2023 vesienkäsittelysakkaa alettiin sijoittaa geotuubeihin, mutta tällä ei ole ollut suurta vaikutusta kuiva-ainepitoisuuteen.

Vesienkäsittelysakan ominaisuuksia on tarkasteltu ympäristövaarallisen jätteen (HP 14) kriteerien mukaan kuten Ympäristöministeriön oppaassa ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” (Ympäristöministeriö 2019) on esitetty (Kuva 6-7). Oppaan liitteessä 9 on annettu eri metalleille pitoisuusrajat ja yhteenlaskussa alin huomioitava pitoisuus (Cut-off-arvo). Pitoisuusrajat yhdisteille on taulukossa 6-30 muunnettu vastaamaan metallin pitoisuutta yhdisteessä.

Vuosien 2021–2023 tulosten perusteella vesienkäsittelysakalle voidaan antaa vaaraominaisuus ympäristövaarallinen (HP14), pitkäaikaisia haittavaikutuksia aiheuttava (H410), koska nikkelihiydroksidina esiintyväksi arvioidun nikkelin pitoisuus ylittää pitkäaikaisille haitallisille vaikutuksille asetetun raja-arvon 1 600 mg/kg tp.

Taulukko 6-30. Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakan ympäristövaarallisuuden arviointi Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Metallionille sovellettavat vaarallisen jätteen pitoisuusrajat on laskettu suhteessa metalli-ionin osuuteen kyseisen yhdisteen koko moolimassasta. Näytemäärä oli 3-4/vuosi (SGS 2024). Vaaraominaisuuksien arviointi tehdään tuorepainossa (tp) oleville pitoisuuksille.

	Pitoisuusraja (mg/kg)				Sakka 2021 (tp)	Sakka 2022 (tp)	Sakka 2023 (tp)
Alkuaine	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic, H410	Cut-off	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Sb			25 000	10 000	4	4	3
As	250 000	1 000	2 500	1 000	6	72	110
Cd	190 000	770	1 900	770	1	3	9
(Cd(OH) ₂)							
Hg	250 000	1 000	2 500	1 000	0	0	0
Cu	160 000	650	16 000	650	1	2	3
(Cu(OH) ₂)							
Pb	250 000	1 000	25 000	1 000	1	1	1
Ni (Ni(OH) ₂)	160 000	630	1 600	630	2 300	6 000	6 100

Vaaraominaisuustarkastelu ekotoksisuustestin perusteella

Uutelan vesienkäsittelysakan vaaraominaisuusluokittelua tarkennettiin maaliskuussa 2025 toksisuustestillä. Jatkotutkimuksissa sakan ekotoksisuutta arvioitiin siten, kun Ympäristöministeriön oppaassa ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” (Ympäristöministeriö 2019) on esitetty. Oppaan liitteessä 8 on esitetty ympäristövaaran arvioinnissa käytettävät ekotoksisuustestit ja testeille sovellettavat raja-arvot. Suomessa esitetään sovellettavaksi vain akuutteja vesieliömyrkyllisyystestejä.

Ekotoksisuustestien tuloksiin perustuvassa vaaraominaisuuksien arvioinnissa käytetään ensisijaisesti EC₅₀-pitoisuusrajoja. Oppaassa esitettyjen raja-arvojen mukaisesti jäte saa vaaraominaisuuden HP14, mikäli vesikirppu- tai valobakteeritestissä tai levän kasvun estymistä mittaavassa testissä EC₅₀ ≤ 10 %. Uutelan vesienkäsittelysakan ekotoksisuustestien EC₅₀-pitoisuudet on esitetty taulukossa 6-31. EC₅₀-pitoisuuksien perusteella Uutelan vesienkäsittelysakka ei saa vaaraominaisuutta HP14.

Taulukko 6-31. Uutelan vesienkäsittelysakan ekotoksisuustestien EC₅₀-pitoisuus (SGS 2025).

Ekotoksisuustesti	EC ₅₀ -pitoisuus
Vesikirppu	> 100 %
Valobakteeri	> 80 %
Levän kasvun estyminen	> 100 %

7 Kaivannaisjätteiden luokitus

7.1 Luokitus kaivannaisjäteasetuksen mukaan

Kaivannaisjäte luokitellaan pysyväksi, vaarattomaksi tai vaaralliseksi jätteeksi. Luokitteluperusteet ovat valtioneuvoston asetuksessa kaivannaisjätteistä (190/2013). Huom. jätelaissa (646/2011) ja jäteasetuksessa (978/2021) jäteluokittelu määritellään toisella tavoin, vaikka jäteluokat ovat samat. Jätelain mukainen vaaraton jäte voi siis olla myös kaivannaisjäteasetuksen mukaisesti pysyvää jätettä.

Kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteessä 1 määritellään, milloin kaivannaisjäte voidaan luokitella pysyväksi jätteeksi. Määrittelyssä tulee huomioida asetuksen liitteen 3 mukaisesti kerätty aineisto. Kaivannaisjäteasetuksen 190/2013 liitteessä 3 on eritelty perusteet jätteen ominaisuuksien määrittelylle sekä määrittelyä koskevien tietojen kokoamiselle. Sen mukaan jätteen ominaisuuksien määrittelyssä tulee huomioida kaivostoiminta, hyödynnettävän esiintymän geologiset tiedot, jätteen geotekninen käyttäytyminen sekä jätteen geokemialliset ominaisuudet ja käyttäytyminen.

Kaivannaisjäte voidaan kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteen 1 mukaan luokitella pysyväksi jätteeksi, jos seuraavat ehdot täyttyvät:

- Jäte ei hajoa eikä liukene tai muuten muutu merkittävästi siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle ja ihmisten terveydelle.

- Jätteen sulfidirikkipitoisuus on enintään 0,1 % tai sulfidirikkipitoisuus on enintään 1 % ja neutralointipotentiaalisuhde määriteltynä neutralointipotentiaalin ja hapontuottopotentialin välisenä suhteena testimenetelmän SFS-EN 15875 staattisen testin perusteella on suurempi kuin 3.
- Jätteestä ei aiheudu itsesyttymisen vaaraa eikä se pala.
- Jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien ympäristölle tai ihmisen terveydelle mahdollisesti haitallisten aineiden (erityisesti arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli, lyijy, vanadiini ja sinkki) pitoisuudet jätteessä ovat riittävän alhaiset siten, että niistä aiheutuva vaara ympäristölle ja terveydelle on merkityksetön sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä; mainittujen aineiden pitoisuuksia pidetään riittävän alhaisina ja niistä ympäristölle tai terveydelle aiheutuva vaara merkityksettömänä, jos ne eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetussa valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) tarkoitettuja arviointia edellyttäviä kynnysarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia.
- Jäte ei käytännössä sisällä louhinnassa tai rikastuksessa käytettyjä haitallisia aineita, jotka voivat aiheuttaa haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle.

Jos jäte ei sisällä sulfidista rikkiä tai sen sulfidisen rikin kokonaispitoisuus on alle 0,1 % eivätkä jätteen haitta-aineiden happoliukoiset pitoisuudet ylitä valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistamistarpeen arvioinnista (PIMA-asetus; 214/2007) määrättyjä tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia, luokitellaan materiaali pysyväksi jätteeksi. Näistä jättejakeista ei tarvitse tehdä hapontuottomääritystä tai muita kemian lisäanalyysejä, elleivät ne sisällä geologisen alkuperän perusteella rapautumisherkkiä, haitallisia alkuaineita sisältäviä suolamineraaleja tai muita potentiaalisesti haitallisia aineita, joita on jäänyt jättejakeeseen malmin prosessoinnissa.

Jätteistä, joiden sulfidisen rikin kokonaispitoisuus ylittää 0,1 %, määritetään lisäksi hapontuottokyky ja neutralointiominaisuudet. Lisäksi tämän jäteryhmän kivi- ja mineraaliaineksista tunnistetaan neutraloivat mineraalit, karbonaattimineraalit ja Mg-Ca-valtaiset silikaatit, ja niiden määrät. Kaivannaisjäteasetuksen liitteen 1 mukaan pysyväksi jätteeksi voidaan luokitella myös sulfidipitoinen, haitta-aineita sisältämätön jäte, jossa sulfidisen rikin kokonaispitoisuus on alle 1 % ja jätteen neutralointi- (NP) ja hapontuottopotentialien (AP) suhde on yli kolme.

Sivukiven luokittelu pysyväksi voidaan tehdä myös kansallisen luettelon perusteella. Julkaisussa "Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi" (SYKE 2011) on esitetty kansallinen luettelo pysyväksi luokiteltaville Suomesta louhittaville sivukiville. Ei-pysyväksi luokitettujen jätteiden karakterisoinnissa tulee lisäksi määrittää haitta-aineiden liukenevuutta ja happamien valumavesien muodostumismahdollisuutta.

Jätettä voidaan pitää pysyvänä jätteenä ilman erityistä testausta, jos toimivaltaiselle viranomaiselle saatavilla olevien tietojen tai käytettävissä olevien menettelyjen tai järjestelmien perusteella luotettavasti osoitetaan, että edellä mainitut perusteet on otettu riittävästi huomioon ja että perusteet täyttyvät.

7.2 Luokittelu jäteluettelon mukaan

Kaivannaisjäteasetuksen 190/2013 liitteen 3 kohdan a. 1. c) mukaan kaivannaisjätteen ominaisuuksien määrittelyssä tulee huomioida:

A. Jätteen ominaisuuksien määrittely

1. Jätteen ominaisuuksien määrittelyn on perustuttava seuraaviin tietoihin:

c) Jätteen laji ja sen suunniteltu hyödyntäminen tai loppukäsittely:

- jätteen luokittelu jätteistä annetun valtioneuvoston asetuksen (879/2021) 4 §:ssä tarkoitetun jäteluettelon mukaisesti (asetuksen liite 3), mukaan lukien asetuksen 3 §:n mukaiset jätteen vaaraominaisuudet

Jäteluettelo (jäteasetuksen 978/2021 liite 3) on esimerkkiluettelo jätteistä eikä se sisällä kaikkia jätteitä. Luettelossa tähdellä (*) merkittyihin nimikkeisiin kuuluvat jätteet ovat kategorisesti vaarallisia jätteitä, jollei jätelain 7 §:n tai 112 §:n nojalla yksittäistapauksessa toisin päätetä.

Luokittelu jäteluettelon mukaan tarkoittaa, että jäte saa kuusinumeroisen koodin, jonka kaksi ensimmäistä numeroa viittaavat jätteiden pääluokkiin. Esimerkiksi luokka "01" tarkoittaa mineraalien tutkimisessa, hyödyntämisessä, louhimisessa sekä fysikaalisessa ja kemiallisessa käsittelyssä syntyviä jätteitä ja luokka "19" jätehuoltolaitoksissa, erillisissä jätevedenpuhdistamoissa sekä ihmisten käyttöön tai teollisuuskäyttöön tarkoitetun veden valmistuksessa syntyviä jätteitä. Kuusinumeroisella tasolla esimerkiksi rikastushiekkoilla on sekä vaarallisen että ei-vaarallisen jätteen kategorioita. Jos samalle jätteelle löytyy sekä vaarattoman jätteen että vaarallisen (tähtimerkintä) jätteen nimike, eli jätteellä on ns. rinnakkaisnimike, on jätteen luokittelu tehtävä tapauskohtaisesti jätedirektiivin liitteessä III esitettyjen kriteerien mukaisesti.

7.3 Jätteen vaaraominaisuuksien arviointi

Kaivannaisjätteen luokittelu tehdään jätteistä annetun valtioneuvoston asetuksen (978/2021) 4 §:ssä tarkoitetun jäteluettelon mukaisesti, mukaan lukien mainitun asetuksen 3 §:n mukaiset jätteen vaaraominaisuudet. Jätteiden luokittelu vaaralliseksi tai ei-vaaralliseksi jätteeksi perustuu EU:n kemikaalilainsäädännön mukaisiin aineiden luokitukseen vaarallisiksi. Jätedirektiivin (EU 2018/851) liitteessä III on lueteltu ominaisuudet, jotka tekevät jätteistä vaarallisia. Jäte on vaarallista, jos sillä on yksikin komission asetuksessa määritelty vaaraominaisuus.

Vaaraominaisuusluokkia ovat:

- HP 1 Räjähävä
- HP 2 Hapettava
- HP 3 Syttyvä
- HP 4 Ärsyttävä
- HP 5 Elinkohtainen myrkyllisyys
- HP 6 Välitön myrkyllisyys

- HP 7 Syöpää aiheuttava
- HP 8 Syövyttävä Jätteet, jotka voivat aiheuttaa ihon syöpymistä
- HP 9 Tartuntavaarallinen
- HP 10 Lisääntymiselle vaarallinen
- HP 11 Perimää vaurioittava
- HP 12 Välittömästi myrkyllistä kaasua vapauttava,
- HP 13 Herkistävä
- HP 14 Ympäristölle vaarallinen
- HP 15 Jätteet, joilla voi olla jokin edellä luetelluista vaarallisista ominaisuuksista, jota alkuperäisellä jätteellä ei suoranaisesti ollut.

Vaaraominaisuuksien arvioinnissa keskeisellä sijalla on EU:n kemikaalilainsäädännön mukainen kemikaalien luokittelu vaarallisiksi aineiksi. Kemikaalien luokitteluperusteista on säännelty EU:n CLP-asetuksessa (Euroopan parlamentin ja neuvoston kemikaalien luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskeva asetus 1272/2008). CLP-asetuksen liitteessä VI annetaan tietyille vaarallisille aineille yhdenmukaistettu luokitus. Jos kemikaalille ei ole olemassa harmonisoitua luokitusta liitteessä VI, voi luokitustietoja saada EU:n kemikaaliviraston (ECHA) ylläpitämästä Classification- and Labelling-tietokannasta (C&L Inventory).

Jätettä luokiteltaessa sille sovelletaan siis CLP-asetuksen (2008) liitteen VI vaarallisten aineiden taulukkojen mukaisia lausekkeita (mm. liitteen taulukko 3). Jätteiden vaaraominaisuudet (HP) määräytyvät vaarallisen yhdisteen/yhdisteiden pitoisuuden/pitoisuuksien ja Komission asetuksen N:o 1357/2014 esittämien raja-arvojen pohjalta. Komission asetuksessa EU N:o 1357/2014 on mainittu ominaisuudet, jotka tekevät jätteistä vaarallisia (HP 1-HP 8 ja HP 10-HP 15). Osalle kemikaalien/yhdisteiden mukaisista vaaralausekkeista H on myös komission asetuksessa annettu pitoisuusrajat, missä jäte luokitellaan vaaralliseksi. Pitoisuusrajoja, jotka on annettu suhteessa jätteen tuorepainoon, käytetään vaaraominaisuuksien HP 4-HP 8, HP 11, HP 13 ja HP 14 arviointiin. Komission tiedonannon (huhtikuu 2018) mukaisesti jätteen luokittelu on suoritettava joko alun perin testattujen tai kuivapainoluvuista muunnettujen tuorepainojen perusteella. Sivukivien kosteutta ei luokituksissa ole otettu huomioon, se on keskimäärin alle 5 %. Kosteuspitoisuuden huomiointi pienentää kokonaispitoisuutta, joten sen huomiotta jättäminen ei vääristä pitoisuuksia alaspäin.

Jätteiden ympäristövaarallisuuden HP 14 suhteen sovelletaan Neuvoston asetuksessa EU 2017/997 (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY liitteen III muuttamisesta vaarallisuusominaisuuden HP 14 "ympäristölle vaarallinen" osalta) esitettyjä toimintatapoja. Jätteet, jotka täyttävät asetuksen EU 2017/997 mukaiset edellytykset, on luokiteltava ympäristölle vaarallisiksi ominaisuuden HP 14 mukaan. Asetuksen mukaisia laskentakaavoja sovelletaan tässä tulkinnassa, jos jäte sisältää/voi sisältää aineita tai yhdisteitä, joilla on EY N:o 1272/2008 mukaisia vaaralausekekoodeja H420, H410, H411, H412 tai H413.

Jäte katsotaan vaaralliseksi, jos yksikin jätteen sisältämistä aineiden pitoisuuksista ylittää aineiden luokituksen perusteella määräytyvän luokittelussa sovellettavan pitoisuusrajan

tai yhteenlaskua sovellettaessa yhteenlaskettava pitoisuus ylittää vaaraominaisuuksien luokitteluun sovellettavan pitoisuusrajan.

Jätteen luokittelemiseksi vaaralliseksi tai vaarattomaksi ei täten aina ole välttämätöntä arvioida kaikkia vaaraominaisuuksia, koska jo yksi vaaraominaisuus tekee jätteestä vaarallista jätettä. Jätteen turvallista kuljetusta ja käsittelyä varten on kuitenkin tarpeen olla tietoinen kaikista jätteen vaarallisista ominaisuuksista. Vaaraominaisuuksien laajempi arviointi voi olla tarpeen myös esimerkiksi silloin, kun jätteen luokitus on epäselvä, jätteen luokitus on selvillä, mutta on jokin erityinen syy olettaa, että luokitus on väärä, epäillään jätteen sisältävän aineita, jotka voivat aiheuttaa sille jätedirektiivin liitteessä III mainittuja ominaisuuksia, tai jätteen jäteluettelon mukaisesta luokituksesta halutaan poiketa.

Lisätietoja luokittelusta vaaralliseksi jätteeksi löytyy Ympäristöministeriön oppaasta (YM 2019).

7.4 Pintamaan luokittelu

Sotkamon kaivoksen vanhalle maa-aineksen läjitysalueelle on sijoitettu orgaanista maa-ainesta (turvetta), kivennäismaata sekä osin jopa kiviainesta. Kasalle sijoitettu aines luokitellaan jäteasetuksen jäteluettoliihteen mukaisesti jäteluettelon jätenimikeryhmään 01 01 02; muiden mineraalien louhinnassa syntyvät jätteet.

Sotkamon kaivoksen vanhalle maa-aineksen läjitysalueelle sijoitetut aineksen ovat analyysitulosten perusteella mahdollisesti happea muodostavia (6.2). Kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteen 1 mukaisesti läjitetty aines luokitellaan ei-pysyväksi kaivannaisjätteeksi kaikkien näytteiden osalta niin rikkipitoisuuden ja NPR-arvon kuin nikkelpitoisuudenkin perusteella. Alkuainepitoisuuksien perusteella maa-aines luokitellaan edelleen ei-pysyväksi, vaarattomaksi kaivannaisjätteeksi, koska vuoden 2024 selvityksessä useiden metallien kynnysarvot ylittyivät.

7.5 Sivukivien luokittelu

Sivukivet luokitellaan ei-pysyviksi, vaarattomiksi kaivannaisjätteiksi. Luokittelu ei-pysyväksi perustuu kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteeseen 1. Luokittelu vaarattomaksi jätteeksi perustuu jäteluettelon luokitukseen. Lisäksi sivukiven vaaraominaisuutta HP14 on arvioitu laskennallisesti kappaleessa 6.3.7.

Sivukiven jäteluettelon mukainen koodi on 01 01 02, muiden mineraalien louhinnassa syntyvät jätteet (VNA 978/2021, liite 3). Myös laskennallisen vaaraominaisuusarvion perusteella sivukivi voidaan luokitella vaarattomaksi jätteeksi.

Kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukaisesti sivukivet (kaikki sivukivilajit) luokitellaan ei-pysyväksi, vaarattomaksi jätteeksi. Rikkipitoisuuden ja neutralointipotentiaalisuhteen (ABA-testi) perusteella osa sivukivistä voitaisiin luokitella pysyväksi (Taulukko 6-10), mutta kyseisten sivukivilajien metalli- ja metalloidipitoisuudet ylittävät kuitenkin PIMA-asetuksen kynnys- ja ohjearvot (Taulukko 6-8). Tällöin sivukiveä ei voida luokitella pysyväksi.

7.6 Rikastushiekan luokittelu

Jäteasetuksen 978/2021 liitteen 3 jäteluettelon mukaisesti ja luvun 6.5.8 tarkastelun perusteella rikastushiekka voidaan luokitella vaarattomaksi jätteeksi ylempään luokkaan 01 04 "muiden kuin metallimineraalien fysikaalisessa ja kemiallisessa käsittelyssä syntyvät jätteet" sekä edelleen tarkempaan luokkaan 01 04 12 "muut kuin nimikkeissä 01 04 07* ja 01 04 11 mainitut mineraalien pesussa ja puhdistuksessa syntyvät rikastushiekat ja jätteet".

Rikastushiekalla ei ole vaaraominaisuuksia liittyen tarkasteltuun ominaisuuteen HP 14 "Ympäristölle vaarallinen" (kts. luku 6.5.8).

Kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukaisesti rikastushiekka luokitellaan ei-pysyväksi, vaarattomaksi jätteeksi, joka ei ole happoa muodostavaa.

7.7 Vesienkäsittelysakkojen luokittelu

Elementis Sotkamon alueella loppusijoitetaan kolmea eri vesienkäsittelyssä muodostuvaa jätejätettä: 1) Soidinsuon vesienkäsittelysakka, 2) neutralointisakka (Sotkamon kaivoksella sivukivialueen suotoveden neutralointikäsittelyssä muodostuva jae) ja 3) Uutelan satelliittikaivoksen vesienkäsittelysakka.

Soidinsuon vesienkäsittelysakka (jae 1 yllä) voidaan luokitella jätenimikkeellä 19 08 14 "Jätevedenpuhdistamoissa syntyvät jätteet, joita ei ole mainittu muualla" (luokka 19 08) ja alaluokka 14 "muut kuin nimikkeessä 19 08 13 mainitut teollisuuden jätevesien muussa käsittelyssä syntyvät lietteet".

Uutelan vesienkäsittelysakka saisi metallipitoisuuksien perusteella vaaraominaisuuden HP14. Vaaraominaisuustarkastelua tarkennettiin kuitenkin maaliskuussa 2025 toksisuustestillä. Toksisuustestin EC₅₀-pitoisuuksien perusteella Uutelan vesienkäsittelysakka ei saa vaaraominaisuutta HP14 (ks. luku 6.6.6). Jäteasetuksen 978/2021 liitteen 3 jäteluettelon mukaisesti ja luvun 6.6.6 tarkastelun perusteella neutralointisakka voidaan luokitella vaarattomaksi jätteeksi jätenimikkeellä 19 08 14 "Jätevedenpuhdistamoissa syntyvät jätteet, joita ei ole mainittu muualla" (luokka 19 08) ja alaluokka 14 "muut kuin nimikkeessä 19 08 13 mainitut teollisuuden jätevesien muussa käsittelyssä syntyvät lietteet".

Sivukivialueen suotovesien neutralointisakka ei saa vaaraominaisuutta HP14 "ympäristölle vaarallinen", minkään tarkastellun aineen pitoisuus yksinään tai yhteensä ei ylitä vaarallisen jätteen raja-arvoa. Jäteasetuksen 978/2021 liitteen 3 jäteluettelon mukaisesti ja luvun 6.6.3 tarkastelun perusteella neutralointisakka voidaan luokitella vaarattomaksi jätteeksi jätenimikkeellä 19 08 14 "Jätevedenpuhdistamoissa syntyvät jätteet, joita ei ole mainittu muualla" (luokka 19 08) ja alaluokka 14 "muut kuin nimikkeessä 19 08 13 mainitut teollisuuden jätevesien muussa käsittelyssä syntyvät lietteet".

Edellä mainittuja vesienkäsittelyssä muodostuvia sakkoja ei luokitella kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukaisesti, mutta kaivannaisjätealueelle sijoittamisen arvioimiseksi annetaan myös viitteellisesti kaivannaisjäteasetukseen liittyvää

tietoa. Kaikki kolme em. sakkajaetta ovat kokonaispitoisuuksien osalta ei-pysyvää jätettä ja kaatopaikka-asetuksen liukoisuuksien mukaan vaarattoman jätteen kaatopaikalle soveltuva jätettä.

Koska vesienkäsittelysakan liukoisuusominaisuudet täyttävät vaarattoman jätteen kaatopaikan kelpoisuusvaatimukset, arvioidaan vesienkäsittelysakan olevan vakaata reagoimatonta vaarallista jätettä, huolimatta siitä, että vesienkäsittelysakka saa vaaraominaisuuksien arvioinnin perusteella vaaraominaisuuden HP14, H410. Vesienkäsittelysakat sijoitetaan Soidinsuon altaalle. Sotkamon kaivoksen purkuveden haitallisuutta on selvitetty toksisuustestillä (vesikirppu/*Daphnia Magna*). Tuloksen perusteella voidaan olettaa, ettei Soidinsuon jättemateriaalista liukene vaarallisessa määrin haitta-aineita.

7.8 Kaivannaisjätteen luokittelun kooste

Sotkamon kaivoksella muodostuvien kaivannaisjätteiden luokittelu on koottu taulukkoon 7-1. Luokittelu perustuu kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013, liite 1) ja jäteasetuksen (VNA 978/2021, 3§ ja liite 3) mukaiseen tarkasteluun. Lisäksi taulukossa on esitetty jätelajien muut keskeiset luokitukseen vaikuttaneet ominaisuudet.

Sotkamon kaivoksella ja Uutelan kaivoksella muodostuvien vesienkäsittelysakkojen luokittelu on puolestaan tehty jäteasetuksen (VNA 978/2021, 3§ ja liite 3) ja kaatopaikka-asetuksen (331/2013) mukaisesti taulukossa 7-2.

Taulukko 7-1. Elementisin Sotkamon kaivoksella muodostuvien kaivannaisjätteiden luokittelu kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013, liite 1) ja jäteasetuksen (VNA 978/2021) jäteluettelon (liite 3) sekä laskennallisten vaaraominaisuuksien (3§) mukaisesti. NPR=neutralointipotentiaalisuhde. Kaivannaisjätteiden vaaraominaisuus on arvioitu pintamaalle ja sivukiville jäteluettelon jättenimikeryhmän mukaisesti. Rikastushiekalle ja sivukivien vaaraominaisuutta on arvioitu myös laskennallisesti.

Kaivannais-jäte	Haponmuodostu spotentiaali, VNA 190/2013, liite 1 (ABA)	Sulfidisen rikin pitoisuus (%)	NPR	Alkuaineiden kok.pit. yli VNA 214/2007 kynnysarvon	Pysyvyys- / vaarallisuus luokittelu, VNA 190/2013; VNA 978/2021	Jäteluettel on jättenimiker yhmä
Sivukivi, kiilleliuske, tarvekivi	Mahdollisesti happoa tuottava	0,02–0,47	0,05–9,2	As, Ni, V, Sb	Ei-pysyvä, vaaraton	01 01 02
Sivukivi, mustaliuske	Mahdollisesti happoa tuottava	0,81–3,9	0,02–0,33	As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Sb, V, Zn	Ei-pysyvä, vaaraton	01 01 02
Sivukivi, epäpuhdas talkkimalmi	Mahdollisesti happoa tuottava	0,12–0,57	1,7–4,5	As, Cd, Co, Cr, Ni, Sb	Ei-pysyvä, vaaraton	01 01 02
Sivukivi, serpentiniittibre ksia	Ei happoa tuottava	0,2	5,8	As, Co, Cr, Ni, Sb	Ei-pysyvä, vaaraton	01 01 02
Porasoija	-	-	-	-	Ei-pysyvä, vaaraton	01 05 99

Kaivannais-jäte	Haponmuodostu spotentiaali, VNA 190/2013, liite 1 (ABA)	Sulfidisen rikin pitoisuus (%)	NPR	Alkuaineiden kok.pit. yli VNA 214/2007 kynnysarvon	Pysyvyys- / vaarallisuus luokittelu, VNA 190/2013; VNA 978/2021	Jäteluettel on jätenimiker yhmä
Rikastushiekka/ Magnesiittihiek ka	Mahdollisesti happoa tuottava	0,05–0,50	1,5–6,7	As, (Cd)*, Co, Cr, Ni, Sb	Ei-pysyvä, vaaraton	01 04 12
Pintamaa	Mahdollisesti happoa tuottava	0,11–4,99**	<0,1–0,55	As, Cd, Co, Cr, Ni, Sb, Zn***	Ei-pysyvä, vaaraton	01 01 02

* Kadmium kynnysarvo rikastushiekassa ei ole ylittynyt enää v. 2022 jälkeen

** Rikkipitoisuus on määritetty rikin kokonaispitoisuutena, ei sulfidisen rikin pitoisuutena

*** Laskettu 12 näytteelle keskiarvot eri alkuaineille. Näiden alkuaineiden keskiarvopitoisuus ylittää kynnysarvon

Taulukko 7-2 Elementisin Sotkamon ja Uutelan kaivoksella vesienkäsittelyssä muodostuvien sakkujen luokittelu kaatopaikka-asetuksen (331/2013) ja jäteluettelon (VNA 978/2021 liite 3) mukaisesti. Sotkamon kaivoksen sekä Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakat sijoitetaan Sotkamon kaivoksen Soidinsuon rikastushiekka-altaalle.

Jätejae	Kaatopaikkakelpoisuus (VNA 1030/2021)	Pysyvyys- / vaarallisuusluokittelu	Jäteluettelon jätenimikeryhmä
Sotkamon (Soidinsuo) vesienkäsittelysakka	vaarattoman jätteen kp (antimoni, sulfaatti)	vaaraton	19 08 14
Sotkamon neutralointisakka	vaarattoman jätteen kp (fluoridi, sulfaatti)	vaaraton	19 08 14
Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakka	vaarattoman jätteen kp (nikkeli, antimoni, sulfaatti)	vaaraton	19 08 14

Taulukko 7-3. Elementisin Sotkamon ja Uutelan kaivoksella vesienkäsittelyssä muodostuvien sakkojen luokittelu kaivannaisjäteasetuksen mukaisesti. Tulokset esitetään vertailuna, vaikkei sakkaa luokitella kaivannaisjätteeksi.

Jätejae	Haponmuodostuspotentiaali, VNA 190/2013, liite 1 (ABA)	Sulfidisen rikin pitoisuus (%)	NPR	Alkuaineiden kok.pit. yli VNA 214/2007 kynnysarvon
Sotkamon vesienkäsittelysakka	Mahdollisesti happoa tuottava	1,8	2,4	As, Cd, Co, Cr, Ni, Sb
Sotkamon neutraointisakka	Ei happoa tuottava	0,02	260	(As), Cd, Co, Ni, Sb, Zn
Uutelan kaivoksen vesienkäsittelysakka	-	1,2/1,6**	~25*	As, Cd, Co, Ni, Pb, Sb, Zn

* Neutralointipotentiaalisuhde ei ole vesienkäsittelysakkojen luokittelun virallinen peruste, eikä ABA-testausta tehdä velvoitetarkkailun puitteissa. Luvut ovat viitteellisiä. Uutelan sakalle luku on vuosien 2018 ja 2019 keskiarvo (AFRY Finland Oy 2024d).

** Kokonaisrikkipitoisuus vuonna 2018 ja 2019 oli 1,2 % (jolloin NPR määritettiin olevan 25), vuosien 2021-2023 kokonaisrikkipitoisuuden keskiarvo oli 1,6 % ja ABA testiä ei tehty.

8 Kaivannaisjätteiden jätealueet

Kaivannaisjäteasetuksen 4 §:n kohtien 2) ja 3) sekä liitteen 3 kohdan a. 1. c) mukaan kaivannaisjätealueiden kuvauksessa tulee huomioida seuraavaa:

- 2) kuvaus jätteen hyödyntämisestä ja loppukäsittelystä sekä tiedot kaivannaisjätteen hyödyntämisestä tyhjässä kaivoksessa tai louhoksessa
- 3) selvitys kaivannaisjätteen jätealueesta ja sen ympäristöstä sekä jätealueen luokitukselta suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi tai muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi
 - A. Jätteen ominaisuuksien määrittely
 1. Jätteen ominaisuuksien määrittelyn on perustuttava seuraaviin tietoihin:
 - c) Jätteen laji ja sen suunniteltu hyödyntäminen ja loppukäsittely
 - suunnitellun jätealueen tyyppi, sijoitettavan jätteen lopullinen muoto ja menetelmä, jolla jäte sijoitetaan alueelle

8.1 Kaivannaisjätteen jätealueen määritelmä

Kaivannaisjäteasetuksen mukaan kaivannaisjätteen jätealueella tarkoitetaan tuotantopaikan yhteydessä olevaa aluetta, johon sijoitetaan siinä syntyvää kiinteää, lietemäistä tai nestemäistä kaivannaisjätettä. Suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavalla kaivannaisjätteen jätealueella tarkoitetaan jätealuetta, josta voi virheellisen toiminnan tai rakenteellisen vakauden tai siihen sijoitetun vaarallisen jätteen määrän tai ympäristölle tai terveydelle vaarallisten kemikaalien vuoksi aiheutua merkittävää vaaraa ihmisten terveydelle, omaisuudelle tai ympäristölle. Kaivannaisjätteen luokittelusta suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi jätealueeksi säädetään kaivannaisjäteasetuksen 190/2013 liitteessä 2.

Kaivannaisjätealueiden tarkastelu suuronnettomuuden vaaran kannalta on esitetty luvussa 14.

Kaivannaisjätteen jätealueena ei asetuksen mukaan kuitenkaan pidetä aluetta, joka ei ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava ja johon sijoitetaan alle kolmeksi vuodeksi pilaantumaton maa-ainesta, pysyvää jätettä tai etsinnässä tai turvetuotannon yhteydessä syntyvää kaivannaisjätettä, joka ei ole vaarallista jätettä, taikka alle vuodeksi muuta kuin edellä mainittua kaivannaisjätettä, joka ei ole vaarallista jätettä. Hyötykäyttöön louhittavan kiviaineksen varastoalue ei ole kaivannaisjätealue, kun kiviainesta varastoidaan väliaikaisesti ennen hyödyntämistä.

8.2 Maanpoistomaiden hallinta

Louhinnan ohella syntyvät maanpoistomassat koostuvat lähinnä moreenista sekä turpeesta. Moreenia voidaan käyttää erilaisiin maarakennustarkoituksiin, mm. tierakenteisiin. Maanpoistomassoja on käytetty kaivosalueella mm. maisemointiin ja patorakenteisiin.

Vuosina 2008–2023 Punasuon kaivokselta on poistettu yhteensä 2,4 milj. m³ maata. Poistetuista maamassoista 8 % on toimitettu Papinlammelle hyötykäyttöön. Pääosa maamassoista on toimitettu Lahnaslammen sivukivialueelle.

8.2.1 Maanpoistomaiden läjitysalueen yleiskuvaus

Maanpoistomassoja on varastoitu sivukiven läjitysalueelle, Lahnaslammen kaivoksen eteläpäähän, sekä omalle läjitysalueelleen sivukiven läjitysalueen eteläpuolelle.

Maa-aineksen läjitysalue on kooltaan noin 12 ha. Maa-ainesten laadun kuvaus on esitetty kappaleessa 6.2.

8.2.2 Maanpoistomaiden läjitysalueiden pohjaolosuhteet

Maanpoistomaiden läjitysalueella ei ole tehty pohjatutkimuksia. Alueella ei ole pohjarakenteita. Alue sijaitsee osin turvepeitteisellä alueella, jossa pohjamaa on vastaavaa moreenia kuin avolouhoksen alueella yleensä. Läjitysalueen vedet valuvat luontaisen valuman mukaisesti Lahnaslammen avolouhokseen.

8.3 Sivukivien hallinta

8.3.1 Sivukivialueen yleiskuvaus

Sivukiven läjitysalue sijaitsee kaivospiirin luoteiskulmalla ja on pinta-alaltaan noin 60 ha (Kuva 3-2). Sivukiven läjitysalueelle sivukiviä on läjitettynä noin 17 milj. m³. Läjitysalueen korkeus on noin 30-40 m ympäröivää maanpintaa korkeammalla noin tasolla +190–205.

Ympäristölupapäätöksen nro 103/2023 lupamääräyksen 26 mukaisesti sivukiven läjitystoiminta on siirretty Lahnaslammen avolouhokseen sen jälkeen, kun malmin louhinta

louhoksesta on loppunut. Sivukiveä on kuitenkin ajoittain läjitetty edelleen sivukivialueelle. Viimeksi sivukiveä läjitettiin sivukivialueella elokuu 2023 – toukokuu 2024 välisenä aikana. Syynä väliaikaiselle läjitykselle on ollut Lahnaslammen kaivoksen poikkeuksellisen korkea vedenpinta. Läjitys on tehty aikaisemmin tehdyn maisemointirakenteen päälle.

8.3.2 Sivukivialueen pohjarakenne ja pohjan olosuhteet

Nykyisen sivukivialueen alle ei ole alun perin tehty erityistä pohjarakennetta, eikä sivukiven läjitysalueella ole tehty pohjatutkimuksia. Alue sijaitsee osin turvepeitteisellä alueella, jossa pohja muodostuu huonosti vettä läpäisevästä luonnonmoreenista.

Läjitysalueen pohjan läpi suotautuvat vedet kerääntyvät pääasiassa toimintavaiheessa Lahnaslammen avolouhokseen, osa suotovesistä kulkeutuu koillisen suuntaan louhoksen ohi. Läjitysalueen pintavaluntana reunaojiin kerääntyvät vedet kerätään käsittelyn kautta avolouhokseen.

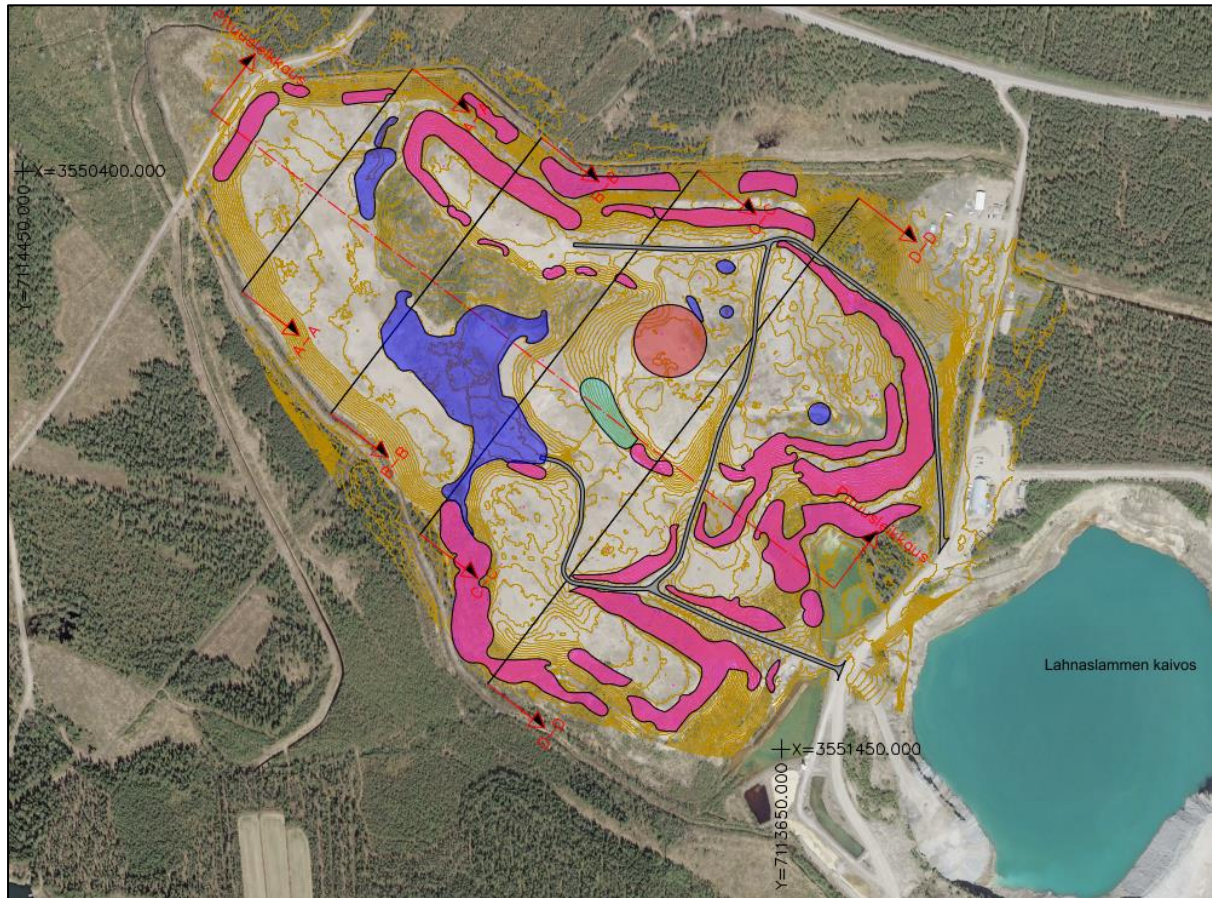
8.3.3 Sivukivialueen maisemointi

Sivukivialue on osin maisemoitu vuonna 2011. Alueelle on toteutettu peittorakenne yhtenä noin metrin paksuisena tasalaatuisena kerroksena. Sivukivialueen sulkemistyöstä on laadittu riippumaton laadunvalvontaraportti 23.9.2020 Infrasuunnittelu Oy:n toimesta.

Peittorakenne ei kuitenkaan riitä täyttämään lupapäätöksessä Dnro PSY-2003-Y-175 rakenteelle asetettua vaatimusta.

- Kerrospaksuusvaatimus ei täyty kuvassa 8-1 esitetyillä paikoilla.
- Sivukivialueen luiskakaltevuuksissa on myös havaittu poikkeamia. Kasan muotoa tarkasteltaessa alueella havaittiin painanteita, joissa vesi pääsee seisomaan. Luiskissa on myös havaittu eroosiosyöpymää, jolloin kulunut luiska ei täytä pintarakenteelle asetettuja vaatimuksia luiskakaltevuuden ja kerrospaksuuden osalta.
- Lisäksi pintarakenteena käytetty Punasuon moreeni ei täytä vedenläpäisevyydelle asetettua $< 1,0 \times 10^{-8}$ m/s vaatimusta.

Maisemoidun rakenteen päälle on jatkettu sivukiven läjitystä pienimuotoisesti silloin kun Lahnaslammen vedenpinta on ollut liian korkealla ja sivukiveä ei ole voitu työturvallisuussyistä läjittää Lahnaslampeen.



-  Luiskakaltevuudet < 1:3
-  Kerrospaksuus < 1000 mm
-  Kasan laella vettä keräviä painanteita
-  Eroosiosyöpymä

Kuva 8-1. Sivukivialueen läjitysalueen sulkemissuunnitelman lupaehtojen täyttymisen tarkastelu (ote Infrasuunnittelu Oy:n 2020 raportin liitteestä 8, piirustusnumero T1-1.2)

8.3.4 Sivukiven tunnistaminen, lastaus ja kuljetus

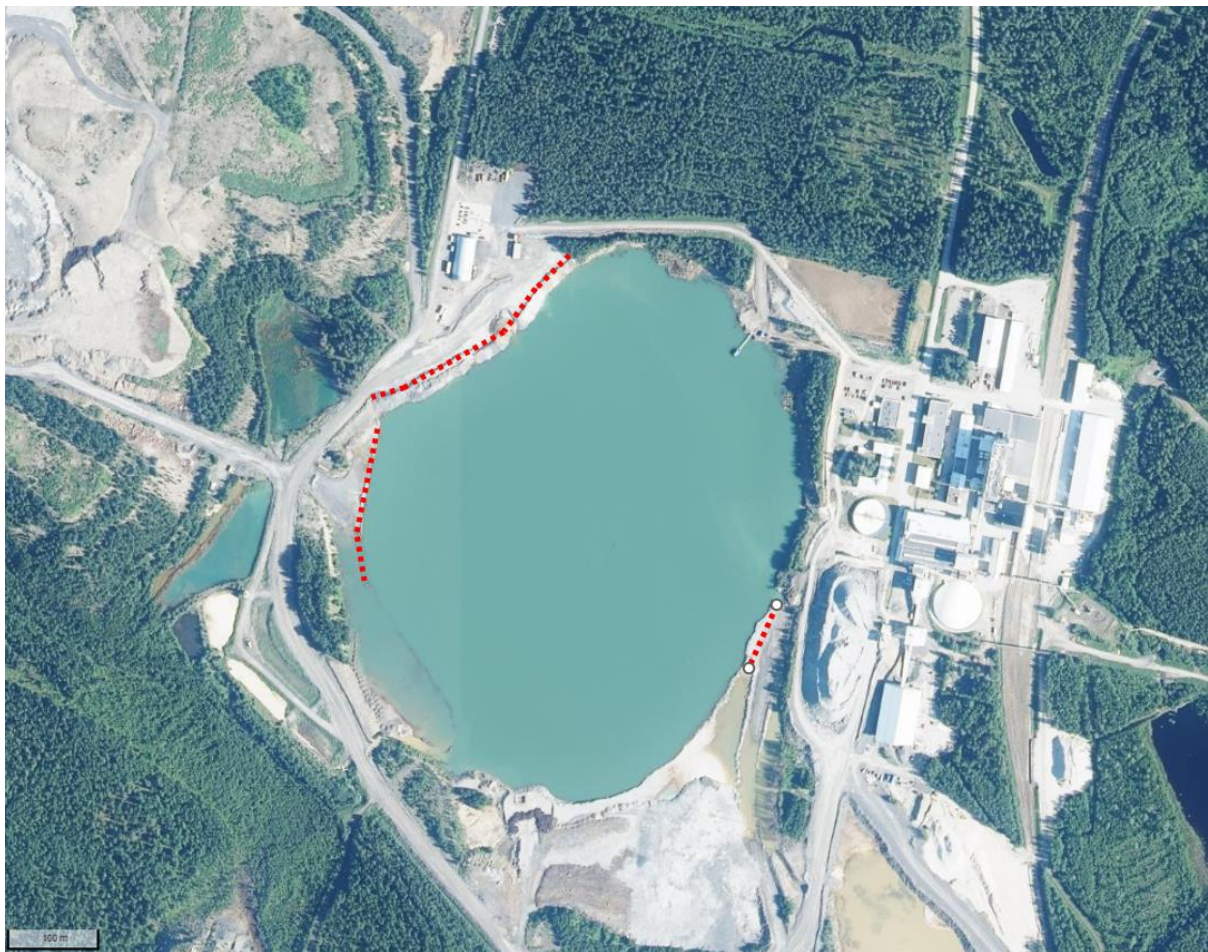
Lahnaslampi-Punasuon esiintymä on tunnettu jo pitkään. Tuotanto Lahnaslammella alkoi 1960-luvun lopussa ja tutkimuksia alueella on jatkettu useassa eri vaiheessa tuotannon aloittamisen jälkeen. Esiintymää on tutkittu pääasiassa kairaamalla ja malmin lisäksi kairauksilla on saatu tietoa myös eri sivukivien esiintymisestä alueella. Kaivosalueesta on laadittu geologinen kartta, jota päivitetään säännöllisesti. Kairausten ja kartoitusten perusteella esiintymästä on rakennettu geologinen malli malmin määrän ja laadun arvioimiseksi, samalla on tehty myös mallit eri sivukiviyksiköistä. Louhintasuunnitelmat

perustuvat geologisiin malleihin mutta tuotannon aikana louhittavan kiven laatua seurataan jatkuvasti geologin toimesta. Eri kivilajien erottaminen tehdään silmämääräisesti ja tarkempaa tietoa malmin tai sivukiven laadusta saadaan mm. porasoijista tehtävillä analyyseillä.

Louhe lastataan kaivinkoneella kiviautoihin ja louhe kuljetetaan edelleen kiviautoilla kippausalueelle. Kippausalueella on vastaanottava kone esim. puskukone. Geologi valvoo lastausta ja ohjeistaa kaivinkoneen kuljettajaa mm. erottelemaan malmin ja sivukiven sekä tarvittaessa eri laatuiset sivukivet.

8.3.5 Sivukiven sijoittaminen louhokseen

Sivukivi kuljetetaan avolouhokseen. Kippausalueet on esitetty kuvassa (Kuva 8-2) punaisella katkoviivalla. Sivukiven läjittäminen tehdään kippaamalla kuorma reunalle, josta kivet työnnetään/nostetaan edelleen puskukoneella tai kaivinkoneella kaivokseen vedenpinnan alle. Vaihtoehtoisesti kuormat kipataan suoraan reunavallin yli kaivokseen, silloinkin paikalla on puskukone tai kaivinkone, joka ohjaa työtä, jotta kippaus voidaan tehdä turvallisesti.



Kuva 8-2. Sivukiven kippaus louhokseen.

8.4 Rikastushiekan hallinta

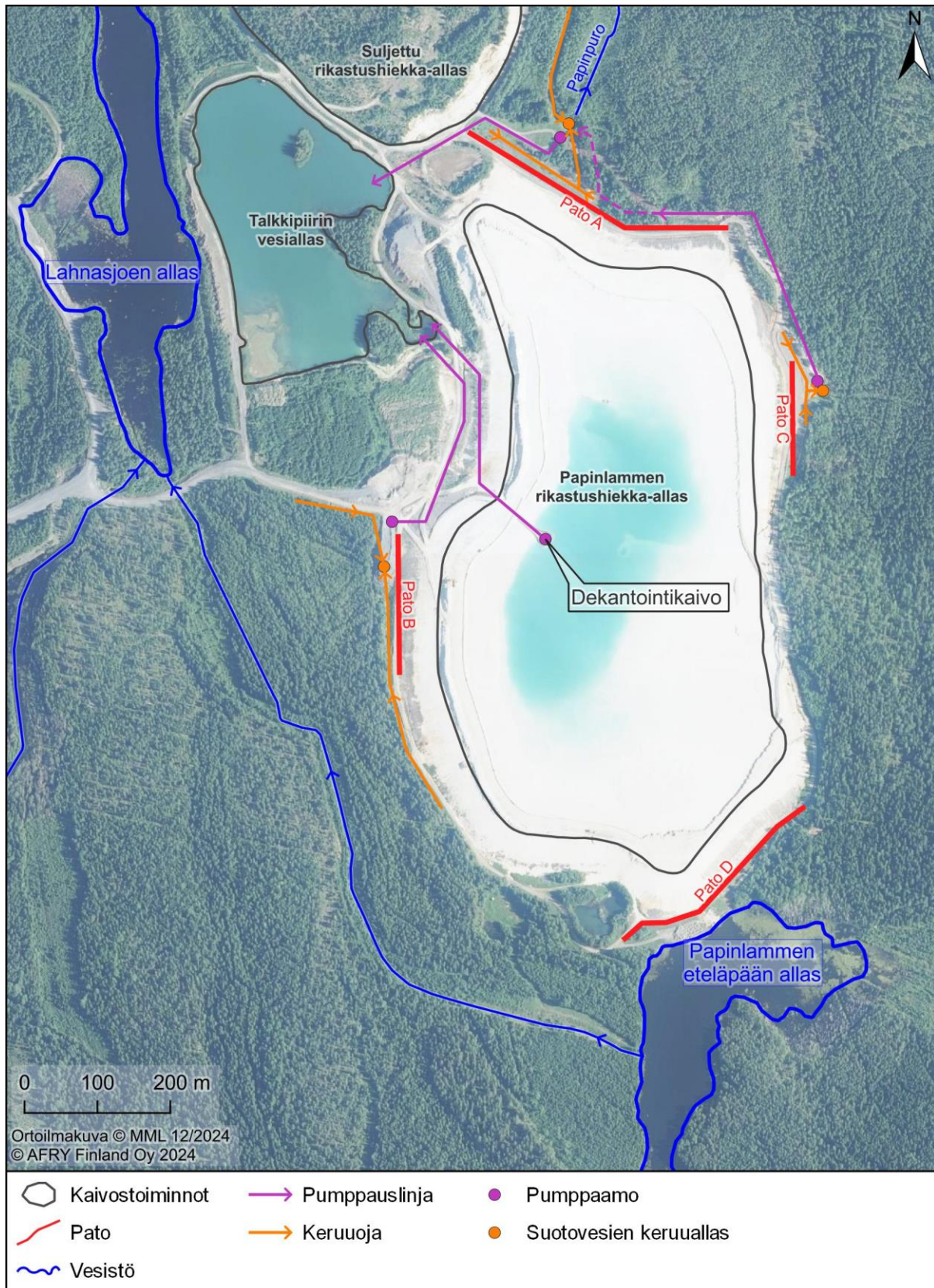
8.4.1 Papinlammen rikastushiekka-altaan yleiskuvaus

Elementisin Sotkamon kaivoksen rikastushiekka-allas on nimeltään Papinlammen rikastushiekka-allas ja se on otettu käyttöön vuonna 1990. Padot on rakennettu hyödyntämällä luontaisia maastonmuotoja, jolloin neljä erillistä patojaksoa (A, B, C ja D) muodostavat altaan (Kuva 8-3). Padot on perustettu pääosin moreeninvaraisesti ja osittain kallionvaraisesti. Hienorakeisten kivennäismaalajien alueilla ja turvealueilla on tehty massanvaihtoa syvimmillään n. 7 metrin paksuudelta. Karkearakeisten kerrostumien alueelle on rakennettu tiivisteurat padon tiivistesydämen alapuolelle. Lisäksi rikkonaista kalliota on injektoitu läpäisevän vesimäärän vähentämiseksi. Patojaksojen A, B ja D korkeimmille osuuksille on rakennettu vaakasuodatin. Alkupatojen päägeometria on seuraava (AFRY Finland Oy 2020b):

- harjan taso on N60 +162,50 m
- harjaleveys 6,0 m
- suurin padotuskorkeus noin 12,0 m
- luiskakaltevuus; märkä- ja kuivapuoli 1:2

Rikastushiekka-altaan alkupadot ovat louheverhoiltuja homogeenisiä moreenipatoja, joiden harjan taso on korkeudella N60 + 162,5 m ja harjan leveys on 6,0 metriä. Papinlammen rikastushiekka-altaan patoja on korotettu magnesiittihiekalla altaan sisäpuolelta vuodesta 2002 alkaen ja korotetaan edelleen. Rikastushiekka-altaan korottaminen tapahtuu tasaisesti vaihe kerrallaan. Korottamisessa käytetään rikastushiekka-altaassa, padon läheisyydessä olevaa rakeisempaa rikastushiekkaa, mikä nostetaan padon harjalle kuivumaan. Padotun altaan kokonaispinta-ala on noin 40 hehtaaria. (AFRY Finland Oy 2020b, Dnro PSAVI/455/2021 28.6.2023) Korotusluvan mukaiset suoto-ojat ja vaakasuodatin on saatu valmiiksi kesällä 2024 ja korotus on tehty tasolle +178 m.

Rikastushiekkaa muodostuu noin 350 000–450 000 tonnia vuodessa. Altaan kokonaistäyttötilavuus nykyisen luvan mukaisella korotustasolla +181 on arviolta noin 7,8 milj.m³. Patokorolla +190 täyttötilavuus on noin 9,9 milj.m³.



Kuva 8-3. Papinlammen rikastushiekka-altaan padot.

8.4.2 Suljetut rikastushiekan läjitysalueet

Ennen Papinlampea, rikastushiekkaa on läjitetty myös muualle. Vanhojen alueiden kuvaus on esitetty kappaleessa 5.6.2.

8.4.3 Papinlammen rikastushiekka-altaan pohjarakenne ja pohjan olosuhteet

Papinlammen alue on pohjamoreenialuetta, jossa kumpareet ja mäet noudattavat kallion topografiaa ja moreenipeitteen paksuus on laajoilla alueilla alle metrin. Kallio on ehyttä ohuen moreenipeitteen alueilla ja rikkonaista pitkien ja kapeiden laaksoalueiden reunamilla Papinlammen pohjois- ja eteläpuolella. Alueen moreeni on keskitiivistä tai tiivistä hiekkamoreenia, jonka lajite vaihtelee soraisesta hiekkamoreenista silttiseen hiekkamoreeniin. Kallion syvänealueilla peitekerroksina esiintyy turvetta, liejuista savea ja silttiä paksuimmillaan n. 8 m. Reunapadot on perustettu moreenin tai kallion varaan ja pehmeitä maakerroksia on poistettu patorunkojen alta enimmillään n. 7 m:n paksuudelta. Rikkonaista kalliota on tiivistetty työn aikana injektoimalla. (AFRY Finland Oy 2020b)

Papinlammen alueella on tehty pohjatutkimuksia patolinjalla.

8.4.4 Papinlammen rikastushiekka-altaan padot

Papinlammen rikastushiekka-allasta on aloitettu korottamaan vuonna 2002. Altaalla on jatkuvasti töissä yksi kaivinkone, joka nostaa rikastushiekka-altaan padon läheisyydessä olevaa rakeisempaa rikastushiekkaa padon harjalle kuivumaan. Reunoilta tapahtuvan läjityksen johdosta rakeisuudeltaan karkein osa magnesiittihiekasta on käytettävissä korotukseen, jolloin materiaali on mahdollisimman hyvin tiivistettävissä. Reunapatoa korotetaan vaiheittain läjityksen etenemisen mukaan siten, että vapaan veden alue pidetään mahdollisimman kaukana korotettavasta osuudesta. Hiekkaa nostetaan kuivumaan läpi vuoden, mutta patokorotukset ja -levennykset tehdään vain sulankauden aikaan. Itse patokorotusta ei tehdä talviaikaan, jotta rakennettavaan osaan ei muodostu jäälinsejä ja mahdollisen putkieroosion riski minimoidaan.

Korotuksen ulkoluiska muotoillaan kaltevuuteen 1:4 tai loivempi ja sisäpuolen luiska likimäärin kaltevuuteen 1:2. Harjan leveys vähintään 5 metriä. Korotusluvan mukaiset suoto-ojat ja vaakasuodatin on saatu valmiiksi kesällä 2024 ja korotus on tehty tasolle +178 m. Suoto-ojan tarkoitus on pitää suotovesipinta riittävän alhaalla hyvän stabiliteetin varmistamiseksi, sekä vähentää luiskän eroosioitumisriskiä katkaisemalla yhtenäisen ja pitkä luiska. Ojan pohja on muotoiltu pituussuunnassa siten, että vedet saadaan purettua korotusosan läpi rakennettavilla rummuilla hallitusti eroosiosuojattuun luiskaan. Korotuksen ulkoluiskat eroosiosuojataan n. 0.5 m paksulla kerroksella karkearakeista moreenia (SrMr), soraa, mursketta tai pienlouhetta.

Padot kuuluvat patoturvallisuustarkkailun piiriin patoluokassa 2. Pohjois-Suomen aluehallintoviraston 28.6.2023 antaman lupapäätöksen (PSAVI/455/2021) mukaisesti

Papinlammen rikastushiekka-altaan patoja voidaan korottaa tasoon N60 +181 m. Nyt haetaan lupaa korotukselle tasolle N60 + 190, jolloin kokonaistäyttötilavuus on arviolta noin 9,9 milj.m³. Papinlammen altaan käyttöaikaan vaikuttaa myös rikastushiekan hyötykäyttö ja Lahnaslammen kaivoksen täyttöö johdettu määrä. Lopputilanteessa padon ollessa tasolla +190 m rikastushiekan läjitystaso on tasolla +189 m ja vesipinta tasolla 187,5 m.

Patorakenteiden stabiliteettilaskennat on suoritettu Hämeen ELY-keskuksen 2021 patoturvallisuusoppaan mukaisesti kokonaisvarmuuslukumenetelmällä. Laskentaohjelmanä käytettiin RocScience Slide 6.0 -ohjelmaa. Stabiliteetti täyttää patoturvallisuuslain vaatimukset.

8.4.5 Rikastushiekan johtaminen ja läjittäminen

Rikastushiekkaliete pumpataan rikastamolta rikastushiekka-allasta kiertäviä putkilinjoja pitkin ja jaetaan tasaisesti haluttuun kohtaan spigotointiputkien avulla. Lisäksi altaalle pumpataan toisella linjalla vähemmän kiintoainetta sisältävää ja talkkipitoisempaa rikastushiekkalietettä. Altaalla kiintoaine laskeutuu ja selkeytynyt vesi palautetaan takaisin prosessivesikiertoon.

Läjitys tapahtuu spigotoimalla reunapadon korotusosalta siten, että lietteen virtausmatka saadaan pidettyä mahdollisimman pitkänä ja veden erottuminen lietteestä maksimoidaan. Rakeisuudeltaan karkein osa magnesiittihiekasta jää purkupisteen läheisyyteen ja hienoin kulkeutuu veden mukana kauimmas.

Vedet kerätään kaivolla ja johdetaan talkkipiirin altaaseen.

8.4.6 Rikastushiekan ja rikastushiekka-alueen tarkkailu

Tuotannosta syntyvän rikastushiekan laatua seurataan säännöllisesti voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaisesti.

Rikastushiekka-altaille tehdään säännöllisesti määräaikaistarkastuksia, vuositarkastuksia, kuukausittaisia tarkastuksia ja päivätarkkailuja. Tarkkailua tehdään patoviranomaisen hyväksymän patotarkkailuohjelman mukaisesti. Tarkkailu sisältää patorakenteiden näkyvien osien, kaivojen ja putkistojen viikoittaiset tarkastukset, rikastushiekkalietteen purkuputkiston tarkastukset ja alaiden pintojen tarkastukset. Suotovesipinnan havaintoputket mitataan kahdesti vuodessa. Tarkkailua tehostetaan erityistilanteissa. Kaikista kaivosalueen padoista ylläpidetään patoturvallisuustietoja.

8.4.7 Vesienkäsittelysakan sijoittaminen rikastushiekka-altaalle

Soidinsuon altaan täytyessä vesienkäsittelysakasta, Elementis varautuu siihen, että sakkoja voidaan tarvittaessa läjittää myös Papinlammen rikastushiekka-altaalle. Vesienkäsittelysakkoja voitaisiin läjittää Papinlammen luoteiskulmaan (Kuva 8-4). Patokorotustasojen +178 ja +190 väliin jää luoteiskulmalla tila, johon ei läjitetä enää rikastushiekkaa ja kyseistä aluetta voitaisiin käyttää vesienkäsittelysakan läjitykseen.

Elementisin oma intressi on, että rikastushiekkaa ja vesienkäsittelysakkaa ei sekoiteta, vaan vesienkäsittelysakka on läjitetty selvästi omaan lohkoonsa, jotta rikastushiekka voidaan markkinatilanteen salliessa myydä.



Kuva 8-4. Vesienkäsittelysakkojen mahdollinen läjityspaikka (punainen katkoviiva) Papinlammen rikastushiekka-altaalla.

9 Kaivannaisjätealueiden luokittelu

9.1 Pintamaiden varastoalueiden luokittelu

Pintamaiden varastoalueelle sijoitetut ainekset (turve, kivennäismaa, kiviaines) luokittevat ei-pysyväksi, vaarattomaksi kaivannaisjätteeksi. Pintamaiden varastoalueella ei voida arvioida olevan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaa luonnetta. Pintamaiden varastoalue luokitellaan siten muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi.

9.2 Sivukivialueen luokittelu

Sivukiven läjitysalue luokituu ei-pysyväksi, vaarattomaksi kaivannaisjätteeksi sivukivien ominaisuuksien perusteella. Sivukivialue on rakennettu siten, ettei siitä aiheudu vaaraa alueen rakenteelliselle vakaudelle; ja sulkemisessa sivukivialue tullaan muotoilemaan ja peittämään siten, ettei alueesta aiheudu merkittävää vaaraa ympäristölle eikä ihmiselle (rakenteellinen vakaus, ympäristöturvallisuus). Sivukiven läjitysalueella ei arvioida olevan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaa luonnetta, joten sivukivialue luokitellaan muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi kuin suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi.

9.3 Rikastushiekka-altaan luokittelu

Papinlammen altaan pato on luokiteltu 2-luokan padoksi.

Papinlammen rikastushiekka-altaalle sijoitetaan magnesiittihiekkaa (rikastushiekkaa), joka on luokiteltu ei-pysyväksi, vaarattomaksi kaivannaisjätteeksi. Tällöin Papinlammen rikastushiekka-alue voidaan luokitella jätteen laadun perusteella muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi kuin suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi.

9.4 Soidinsuon allas

Soidinsuon altaalle läjitetään vesienkäsittelysakkoja, joihin sovelletaan jäteasetusta (978/2021). Koska Soidinsuonaltaalle on aiemmin läjitetty rikastushiekkaa ja sitä on valtaosa läjitetystä jätteestä, luokitellaan Soidinsuon allas muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi.

9.5 Lahnaslammen louhosjärvi

Kaivannaisjäteasetuksen 2 §:n 2 momentin mukaan kaivannaisjätteen jätealueena ei pidetä tyhjää louhosta, johon palautetaan toiminnassa syntynyttä kaivannaisjätettä kunnostamis- tai rakentamistarkoituksessa. Lahnaslammen louhosta ei näin ollen luokitella kaivannaisjätteen jätealueeksi. (Ramboll Finland Oy, 2015)

9.6 Jätealueiden luokittelun yhteenveto

Sotkamon tehdasalueen ja kaivoksen kaivannaisjätealueiden luokitukset on esitetty taulukossa 9-1.

Taulukko 9-1. Sotkamon kaivoksen kaivannaisjätealueiden sekä vesienkäsittelysakkujen kaatopaikan luokitukset.

Alue	Jätealueen luokitus
Sivukiven läjitysalue ¹⁾	Muu kaivannaisjätteen jätealue
Soidinsuon allas	Muu kaivannaisjätteen jätealue
Papinlammen rikastushiekka-allas	Muu kaivannaisjätteen jätealue
Maanpoistomaiden läjitysalue	Muu kaivannaisjätteen jätealue

1) Muodostuvan sivukiven läjitystoiminta on siirrettävä nykyisiltä läjitysalueilta Lahnaslammen avolouhokseen sen jälkeen, kun malmin louhinta siellä on loppunut. Olemassa olevia läjitysalueita voidaan kuitenkin käyttää niin pitkään, kuin on tarpeen niiden sulkemistoiminnan edellyttämien muotoilujen ja pintarakenteiden toteuttamiseksi (lupamääräys 26. lupanro Dnro Psy-2003-y-175, 18.1.2008)

10 Kaivannaisjätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen

10.1 Yleiset periaatteet kaivannaisjätteen määrän ja haitallisuuden vähentämiseksi

Toiminnassa noudatetaan jätelain 646/2011 8 §:n mukaista etusijajärjestystä kaivannaisjätteen muodostumisessa. Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jätteen hyödyntäminen pyritään maksimoimaan. Lisäksi pidetään erillään ominaisuuksiltaan erilaiset jätejakeet siten, että ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman hyvin hallittavissa sekä tuotannon aikana että sulkemisen jälkeen – eikä sekoittuminen estä materiaalien hyödyntämistä.

10.2 Kaivannaisjätteen määrän minimointi

Kaivannaisjätteen määrän minimointi perustuu kaivostoiminnan kokonaissuunnitteluun. Tarpeetonta louhintaa vältetään louhintasuunnittelulla, jolloin myös sivukiven määrä minimoituu.

10.3 Kaivannaisjätteiden hyödyntäminen

10.3.1 Maa-aineksen hyödyntäminen

Maanpoistomassoja on käytetty kaivosalueella mm. maisemointiin ja patorakenteisiin. Pintamaita on varastoitu pintamaiden läjitysalueelle ja niitä käytetään toiminnan loppuessa sivukivialueen ja rikastushiekka-altaan peittorakenteisiin.

10.3.2 Sivukiven hyödyntäminen

Sivukiveä hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan. Louhittua ja murskattua kiilleliusketta tuotetaan omaan käyttöön rakennusmateriaaliksi 5 000–15 000 m³/a.

10.3.3 Rikastushiekan hyödyntäminen

Rikastushiekkaa hyödynnetään patokorotuksissa.

Talkin rikastamisessa muodostuva rikastushiekkajae sisältää paljon magnesiittimineraalia. Magnesium ja sen yhdisteet ovat EU:ssa luokiteltu kriittisiksi raaka-aineiksi. Kysyntää magnesiumyhdisteille on myös Suomessa useilla eri teollisuuden aloilla. Vallalla on myös voimakas valtakunnallinen tahtotila teollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiseksi ja näin ollen huoltovarmuuden parantamiseksi magnesiitin osalta.

Elementis on aktiivisesti tehnyt omarahoitteista tutkimusta sivutuotteiden jalostamiseksi omasta rikastushiekastaan magnesiittimineraalin ominaisuuksia hyödyntäen. Tutkimusta on tehty myös yhteistyössä useiden muiden kotimaisten toimijoiden kanssa. Magnesiitin on todettu olevan käyttökelpoista materiaalia korvaamaan markkinoilla myös neitseellistä MgO:n lähdettä. Käynnissä on hankkeita, joiden toivotaan johtavan magnesiitin hyödyntämiseen teollisessa mittakaavassa lähivuosina yhä enenevässä määrin, jolloin rikastushiekan läjitystarve vähenee ja allasalueen elinikä kasvaa.

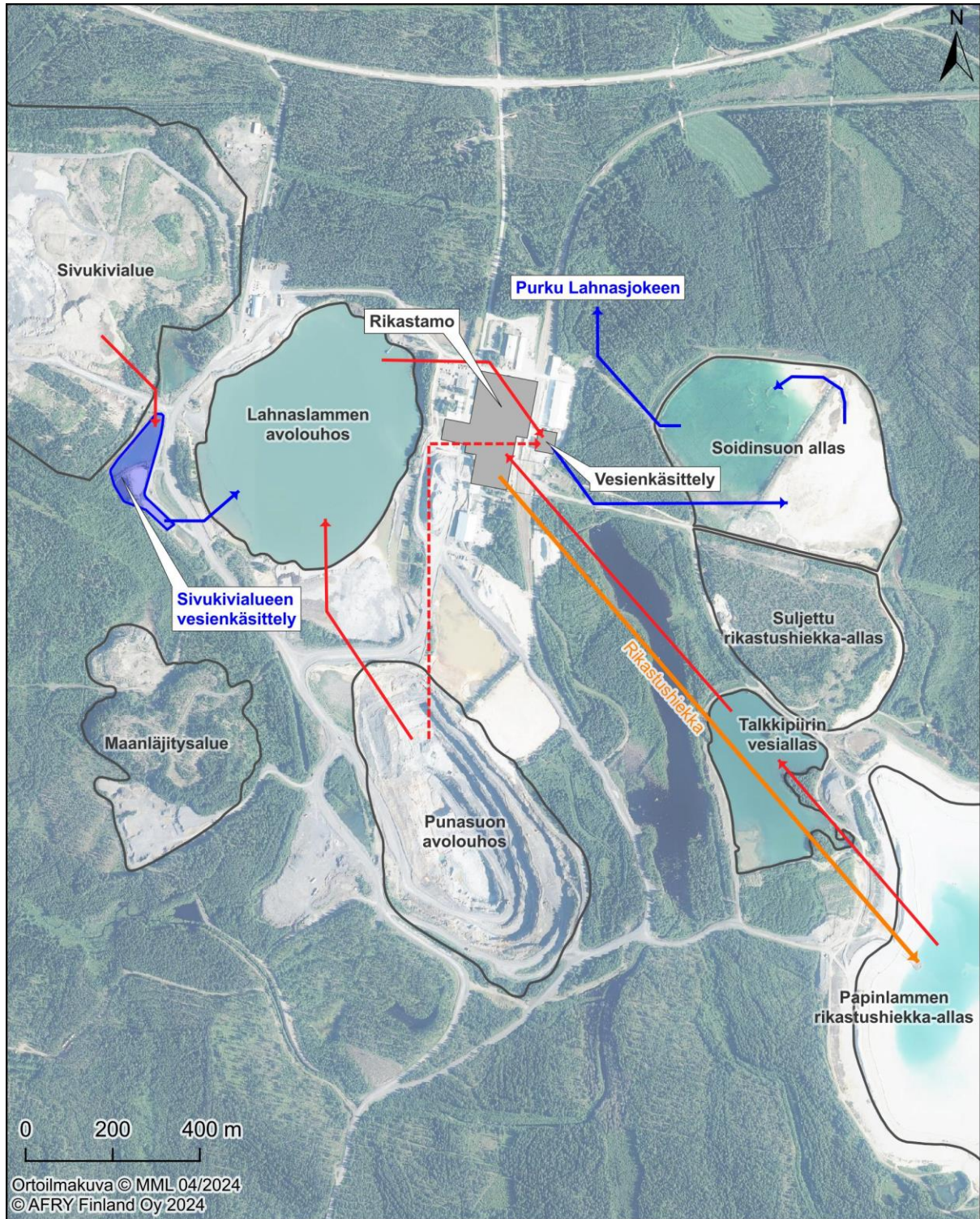
Markkinatilanteen niin salliessa, Papinlammen altaalle läjitettyä magnesiittia myydään hyötykäyttöön. Vuosina 2014–2021 magnesiittia myytiin yhteensä 471 885 tonnia. Vuoden 2021 jälkeen magnesiittia ei ole myyty.

11 Vesienhallinta kaivannaisjätealueilla

11.1 Vesien johtaminen

Kaivoksella muodostuu vesiä louhoksiin muodostuvista pohjavesistä sekä eri toiminta-alueilta muodostuvista valuma- ja suotovesistä. Kaivoksen vesikierto on esitetty kuvassa 11-1.

Punasuon kuivatusvedet on pumpattu syksyyn 2024 asti Lahnaslammen avolouhokseen ja sieltä edelleen vedenpuhdistuksen kautta Lahnasjokeen. Punasuon louhokseen kuivatusvesien kokonaismäärä on nykyisellään noin 750 000 m³/a, vesimäärä kuitenkin vaihtelee vuosittain. Punasuon kuivatusvesien ohjaaminen on muutettu syksyllä 2024 niin, että vedet ohjataan jatkossa suoraan purkuveden käsittelyn kautta Lahnasjokeen (punainen katkoviiva kuvassa).



Kuva 11-1. Kaivoksen vesienjohtaminen.

11.2 Kaivannaisjätealueilla muodostuvat ylitevedet ja suotovedet

11.2.1 Sivukivialueen suotovedet

Sivukivialueelta kertyvät happamat ja metallipitoiset suotovedet kerätään läjitysalueella ympäröivän suotovesiojan avulla. Ojaan keräytyvä vesi johdetaan läjitysalueen kaakkoiskulmassa olevalle suotovesien neutralointilaitokselle, jossa tapahtuu pH:n nosto yli 9:ään sammutetun kalkin ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) avulla nikkelin saostamiseksi. Neutraloinnin jälkeen vesi kulkee selkeytysaltaiden kautta Lahnaslammen avolouhokseen. Sivukiven läjitysalueelta purkautuvien käsiteltävien suotovesien määrä on keskimääräisen sadannan vallitessa noin 250 000 m³/a.

Neutralointilaitoksella käsitellyt vedet on johdettu syksyyn 2024 asti sakkoineen Lahnaslammen avolouhokseen ja sieltä edelleen vesienkäsittelyn kautta Soidinsuon altaaseen ja sieltä Lahnasjokeen. Syksyllä 2024 altaita muokattiin niin että vesienkäsittelyn sakka saadaan laskeutumaan altaisiin ja voidaan ruopata jatkossa Soidinsuon altaalle tai Papinlampeen, ja vain käsitelty vesi jatkaa matkaa Lahnaslammen avolouhokseen.

Sivukivialueella ei ole pohjarakenteita ja osa suotovesistä kulkeutuu suoraan maaperään. Elementis on teettänyt ulkopuolisella taholla (Ortoge Oy) syyskuussa 2024 sivukivialueelle maastokatselmuksen, sekä sivukivialueen pinnanmuotojen tarkastuksen UAV-mittauksen perusteella. Maastokatselmuksen sekä pinnanmuotojen tarkastelun perusteella Elementis on käynnistänyt toimenpiteet suotovesien keruun parantamiseksi. Toimenpiteisiin kuuluivat mm. puuston poisto ojalinjoilta sekä rumpujen ja ojalinjojen kunnostus. Toimenpiteet tehtiin syksyllä 2024.



Kuva 11-2. Sivukivialueen vesienjohtaminen.

11.2.2 Papinlammen vedet

Talkki- ja nikkelirikastuksen lopputuotteena muodostuva hienojakoinen rikastushiekka (magnesiittihiekka) pumpataan vesilietteenä varastoitavaksi Papinlammen rikastushiekka-altaaseen. Altaalla kiintoaine laskeutuu ja selkeytynyt vesi palautetaan Talkkipiirin altaan kautta takaisin prosessivesikiertoon. Osa altaan patojen läpi suotautuvista suotovesistä kerätään ja pumpataan takaisin altaisiin. Talkkipiirin altaasta pumpataan tuotantolaitokselle palautusvettä noin 5,2 milj. m³.

11.2.3 Kaivannaisjätealueiden vesijakeiden laatu

Sivukivialueen suotovesistä, rikastushiekka-altaan purkuvedestä ja rikastushiekka-altaan padolta C otettiin laaja alkuainevalikko elokuussa 2024. Tulosten perusteella sulfaatti, alumiini, koboltti, magnesium, mangaani, nikkeli, sinkki ja uraani olivat koholla sivukivialueen suotovedessä.

Taulukko 11-1. Sivukivialueen suotovesien, rikastushiekka-altaan purkuveden sekä rikastushiekka-altaan padon C suotovesien vedenlaatu 27.8.2024.

27.8.2024	Alkaliteetti mmol/l	Happi kyl.%	Happi mg/l	Kok. P µg/l	Kok. N µg/l	NH ₄ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	Sähk.joht. mS/m	pH	Fluoridi µg/l	Kloridi mg/l	Sulfaatti mg/l
Pato C, rh-allas suotovesi	2,6	83	8,3	<5,0	510	390	61	288	7,8	<1,0	6,4	1800
Rh-allas purkuvesi	2,9	96	9,3	8,5	1700	220	1500	248	8,3	<2,0	8,8	680
Sivukivialueen suotovesioja	<0,02	88	8,4	<5,0	1200	84	1100	730	3,8	<4,0	3,6	6500
	Alumiini µg/l	Antimoni µg/l	Arseeni µg/l	Barium µg/l	Beryllium µg/l	Boori µg/l	Elohopea µg/l	Hopea µg/l	Kadmium µg/l	Kalium µg/l	Kalsium µg/l	
Pato C, rh-allas suotovesi	<50	<1,0	30	18	<0,5	<200	<0,13	<50	<0,1	10000	200000	
Rh-allas purkuvesi	<50	240	850	13	<0,5	<200	<0,13	<50	<0,1	8300	130000	
Sivukivialueen suotovesioja	74000	1,4	8,4	13	5,1	<200	<0,13	<50	68	21000	320000	
	Koboltti µg/l	Kromi µg/l	Kupari µg/l	Litium µg/l	Lyijy µg/l	Magnesium µg/l	Mangaani µg/l	Molybdeeni µg/l	Natrium µg/l	Nikkeli µg/l	Rauta µg/l	
Pato C, rh-allas suotovesi	16	<1,0	<1,0	<40	<0,5	390000	800	<1,0	11000	650	1800	
Rh-allas purkuvesi	3,4	<1,0	<1,0	<40	<0,5	350000	67	9,6	16000	460	69	
Sivukivialueen suotovesioja	610	4	130	176	0,8	1400000	16000	<1,0	9800	19000	4100	
	Pii mg/l	Rikki µg/l	Seleen µg/l	Sinkki µg/l	Strontium µg/l	Tallium µg/l	Tina µg/l	Titaani µg/l	Thorium µg/l	Uraani µg/l	Vanadiini µg/l	
Pato C, rh-allas suotovesi	4398	606200	<1,0	<5,0	361	<0,5	<20	<10	<1,0	0,6	<0,5	
Rh-allas purkuvesi	7737	489400	<1,0	11	238	<0,5	<20	<10	<1,0	0,7	<0,5	
Sivukivialueen suotovesioja	7422	2030000	1,6	21000	675	<0,5	<20	<10	1,3	49	<0,5	

12 Kaivannaisjätealueiden ympäristövaikutukset ja vaikutusten vähentäminen

12.1 Maaperä ja pohjavedet

Kaivannaisjätteiden hallinnasta aiheutuu vaikutuksia maaperään ja pohjavesiin. Toiminnan vaikutuksia seurataan veloitettarkkailulla pohjavesiputkista. Sivukivialue ja rikastushiekka-allas on rakennettu ilman pohjarakenteita, joten osa alueiden suotovesistä pääsee suotautumaan suoraan maaperään. Pohjavesivaikutuksia ehkäistään keräämällä suotovesiä talteen, joista osa saadaan kerättyä suotovesiojien avulla. Tarkkailutulosten perusteella sivukivialueen pohjavesivaikutukset rajoittuivat lähinnä sivukivialueen kaakkoisreunalle, jossa vedenlaadun muutokset ovat olleet selviä etenkin putkessa MMPP1. Muilla tarkkailusuunnilla selviä sivukivialueen vaikutuksia ei ollut havaittavissa. Soidinsuon altaan ja Papinlammen rikastushiekka-altaan ympäristössä putkissa Papinlampi 1, Papinlampi 3, Papinlampi 4 ja pvp1 on havaittu sulfaattipitoisuuksien ja sähkönjohtavuusarvojen kohoamista.

Vuoden 2024 pohjavesimallilla (AFRY Finland Oy 2024b, Sulkemissuunnitelman (liite 3) liite) on simuloitu vuoden 2024 tilannetta (luku 4.5.2) sekä vuoden 2035 tilannetta, jossa Papinlammen rikastushiekka-allasta on korotettu tasolle +190 m mpy ja Punasuon louhosta louhittu syvyydeltä +35 m mpy, ja se ulottuu noin 120 m syvyydelle maanpinnasta. Vuoden 2035 louhoksen simuloinnin tulosten perusteella pohjavettä suotautuu louhokseen noin 2560 m³/d, ja kuivatusvesimäärä on noin 2750 m³/d, kun sadannan mukana avolouhoksen kautta kaivokseen tuleva vesi lasketaan mukaan.

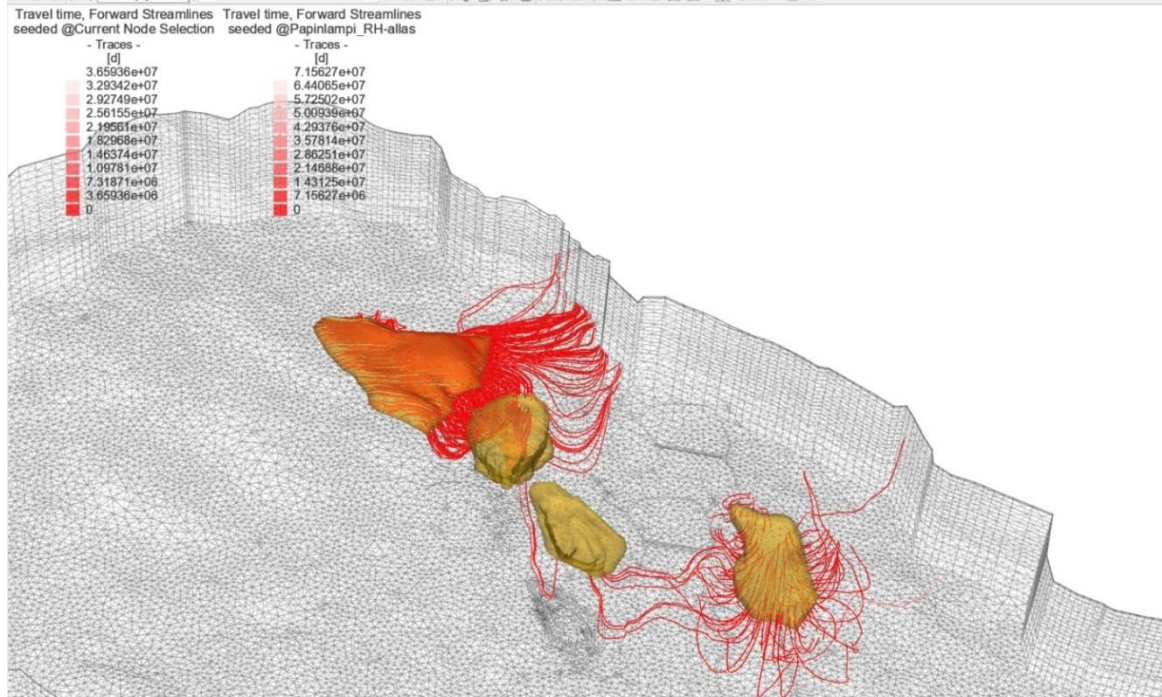
Vuoden 2024 mallinnustyössä (AFRY Finland Oy 2024b) vuoden 2024 tilanne toimii mallin lähtötilanteena. Louhintoja edeltävää aikaa ei ole mallinnettu, eikä vuoden 2024 Punasuon louhoksen kuivatuspumppauksen aiheuttaman pohjavedenpinnan alenemaa suhteessa louhintoja edeltävään aikaan siten ole laskettu. Vuoden 2035 mallissa Punasuon louhoksen kuivatuksen seurauksena pohjavesipinnan alenema louhoksen ympärillä kasvaa nykyisestä (Kuva 12-1). Vähintään 0,5 m pohjavesipinnan laskua nykytilaan verrattuna voi tapahtua enintään 200–900 m etäisyydellä avolouhoksen reunasta. Lähellä louhosta alenema on merkittävästi suurempi kuin kauempana. Papinlammen rikastushiekka-altaan korotuksen (taso +190 m mpy) seurauksena vesipinta altaan kohdalla nousee vuodesta 2024.

Sivukivialueelta ja Papinlammen rikastushiekka-altaalta lähtevien partikkulien kulkeutumisreitit on simuloitu vuosina 2024 ja 2035 (Kuva 12-2). Osa sivukivialueen suotovesiä kerääntyy nykytilanteessa (2024) ja myös vuonna 2035 Lahnaslammen louhokseen ja osa kulkeutuu kohti pohjoista. Papinlammen rikastushiekka-altaan suotovesiä kulkeutuu todennäköisesti allasaluetta ympäröiviin ojiin ja niistä Lahnasjokeen, Jormasjokeen ja lopulta Jormaslahteen. Kulkeutumisajat voivat olla hyvin pitkiä.

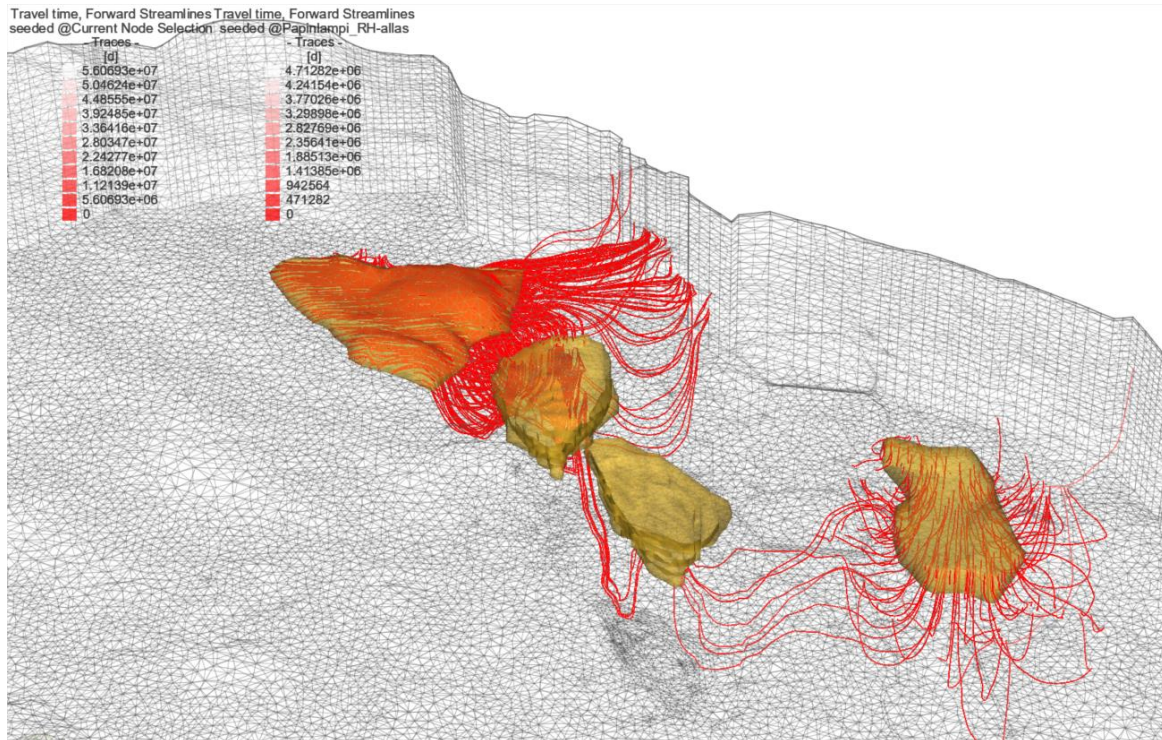


Kuva 12-1. Pohjavedenpinnan muutos vuonna 2035 verrattuna vuoden 2024 pohjavedenpintaan. Punasuon louhoksen ympärillä pohjavesipinta laskee ja Papinlammen rikastushiekka-altaan kohdalla vesipinta nousee. 0,5 m tasa-arvonkäyrä louhoksen ympärillä rajaa alueen, jonka ulkopuolella pohjavesipinnan muutos on pienempi kuin 0,5 m.

a)



b)



**Kuva 12-2. Pohjavesimallin laskemia sivukivialueelta ja Papinlammen rikastushiekka-
altaalta lähtevien partikkelien kulkeutumisreittejä a) vuoden 2024 tilanteessa ja b)
vuoden 2035 tilanteessa.**

12.2 Pintavedet

Kaivoksen purkuvedet muodostuvat louhoksiin kertyvistä pohjavesistä sekä eri toiminta-alueilta muodostuvista valuma- ja suotovesistä. Talteen otettavissa olevien valuma- ja suotovesien osalta päästövedenlaatua säädetään vesienkäsittelyllä. Vesienkäsittelyn jälkeen vedet johdetaan Lahnasjokeen. Lahnasjoen lisäksi kuormittuneita vesiä pääsee suotautumaan vähäisessä määrin kaivosalueen itäpuolelle Papinpuroon.

Käsiteltävien purkuvesien lisäksi kaivosalueelta kohdistuu pintavesiin hajakuormitusta. Elementis on laatinut hajakuormitusselvityksen vuonna 2024 ja ryhtyy siinä esitettyihin toimenpiteisiin hajakuormituksen vähentämiseksi. Elementis on tehnyt toimenpiteitä mm. sivukivialueen suotovesien keruun parantamiseksi.

Lahnasjoessa vedenlaatu heikkenee selvästi kaivos- ja tehdasalueen purkuvesien sekä alueelta tulevan hajakuormituksen seurauksena yläpuoliseen Unijokeen verrattuna. Myös Papinpurossa kaivoksen suotovesien vaikutukset ovat selvät.

Toiminnan vaikutuksia pintavesiin seurataan velvoitetarkkailuna kaivosalueen lähipintavesissä mukaan lukien Lahnasjoki ja Papinpuro sekä Jormasjoessa ja Nuasjärvessä.

12.3 Ilmanlaatu

Pölyvaikutuksia esiintyy kaivannaisjätealueiden läheisyydessä ja erityisesti vallitsevan tuulensuunnan alapuolella. Sivukivikuormien purkaminen aiheuttaa pölyämistä, mutta myös kaluston liikkumisesta aiheutuu pölyä. Sisäiseen liikenteeseen liittyy myös pakokaasuvaikutuksia. Tuulisella säällä rikastushiekka-alueelta voi esiintyä pölyn kulkeutumista tuulen suunnassa. Pölyämistä ehkäistään tarvittaessa tiealueiden kastelulla. Työkone- ja kuljetuskalustolle sovelletaan tavanomaisia kriteerejä päästöjen hallitsemiseksi.

12.4 Melu

Sivukiven kippauksesta avolouhokseen aiheutuu meluvaikutuksia kuormien lastauksesta, liikenteestä ja kuormien kippauksista. Rikastushiekka-alueella liikenne on huolto- ja valvontaliikennettä sekä rikastushiekka-altaan korotusten liikennettä. Louhinnan melu rajautuu louhoksen syvyyden vuoksi melko hyvin louhokseen. Meluvaikutuksia lievennetään rajoittamalla kaivoksen toiminta-aikoja.

12.5 Luonto

Hankealueella tai sen välittömässä lähiympäristössä ei ole Natura-alueita, luonnonsuojelualueita tai luonnonsuojeluohjelmiin kuuluvia kohteita. Lähin Natura-alue on noin 6,4 kilometrin päässä hankealueen lounaispuolella sijaitseva Losonvaara. Kaivannaisjätteistä ja läjitysalueista ei kohdistu vaikutuksia suojelualueille etäisyyden vuoksi.

Alueella on ollut kaivostoimintaa vuodesta 1968 ja eläimistö ja kasvillisuus ovat sopeutuneet toimintaan. Vaikutuksia luontoon ehkäistään kiinnittämällä huomiota melu- ja pölyvaikutuksiin sekä käsittelemällä kaivoksen purkuvedet.

12.6 Maankäyttö ja maisema

Toiminnan aikana kaivosalue on pois muulta maankäytöltä. Kaivosalueen ulkopuolella, kaivannaisjätealueet eivät estä muuta maankäyttöä.

Kaivannaisjätteen jätealueet muodostavat korkeamman kohdan maastossa ja varsinkin tuotannon aikana erottuvat paljaana mineraalipintana. Sulkemisen jälkeen jätealueet sopeutuvat maisemaan paremmin, kun alueet kasvittuvat.

13 Kaivannaisjätealueiden riskit ja niiden hallinta

Elementisillä on ennaltavarautumissuunnitelma, joka sisältää kohteen kuvauksen, ympäristövaarojen tunnistamisen sekä riskien ja vaikutusten arvioinnin toimenpiteet riskien hallitsemiseksi. Ennaltavarautumissuunnitelma on päivitetty viimeksi 9.12.2024.

Vahinko- ja onnettomuustilanteiden varalta on laitosalueella oltava aina saatavilla riittävä määrä kemikaalien imeytysmateriaalia. Vuotoina ympäristöön päässeet kemikaalit, polttonesteet ja muut aineet sekä niiden mahdollisesti pilaama maaperä on kerättävä välittömästi talteen ja toimitettava asianmukaiseen käsittelyyn.

Kaivoksen ympäristönsuojelurakenteiden ja muiden rakenteiden, joiden vauriot voivat aiheuttaa ympäristön pilaantumisen vaaraa (mm. padot, läjitysalueet, putkilinjat, vesien käsittelyjärjestelmät, kemikaalien ja tuotteiden täyttö- ja tyhjennyspaikat), kunto on tarkastettava toimintapäivittäin ja todetut vauriot korjattava viipymättä.

Yleisesti ottaen ennaltavarautumissuunnitelmaan tunnistetut Sotkamon tehdas- ja kaivosalueella ympäristöriskit ovat pieniä. Vaikutuksilta suurimmat riskit ovat Lahnaslammen louhosjärven vaikutukset sekä allasalueen pato- tai allasmurtumat, jolloin suuria vesimääriä pääsisi alapuoliseen vesistöön. Todennäköisimpiä riskitilanteita ovat pölypäästöt, rikastushiekkalinjan vuodot tai kemikaali- /öljyvuodot, jotka ovat yleensä pieniä ja helposti rajattuja siten, ettei ympäristövaikutuksia tule.

Taulukko 13-1. Ennaltavarautumissuunnitelmaan (9.12.2024) tunnistetut kaivannaisjätteen läjitysalueisiin liittyvät riskit sekä asteikko.

Mahdollinen vaara	Vaaratilanne	Vaikutukset ja seuraukset	Jäännös-riski
Sivukivialueen suotovedet	Neutralointiaseman toimintahäiriö > Ni-pitoisten vesien päästö ympäristöön	Nikkelikuormituspiikki ympäristöön.	I
	Sivukivialueen suotovesien keruuojien vuotaminen.	Nikkelin ja sulfaatin kuormituspiikki ympäristöön.	I
Rikastushiekkalinja	Rikastushiekkalinjan	Rikastushiekkaliete-päästö	II

Mahdollinen vaara	Vaaratilanne	Vaikutukset ja seuraukset	Jäännös-riski
	rikkoontuminen ennen allasaluetta.	Lahnasjokeen ja joen hetkellinen samentuminen.	
Rikastushiekka-alueen pölyäminen	Pitempi kuiva jakso, jolloin tiet pölyävät liikenteen vaikutuksesta ja padonharjat tuulen vaikutuksesta.	Pölyn leviäminen ympäristöön / naapurustoon. Pöly ei ole vaarallista ympäristölle. Lähimmät haitankärsijät kaakon suunnalla.	II
Papinlammen altaan patomurtuma	Rikastushiekkan leviäminen patomurtumaskenaarioiden mukaisesti	Ympäristön likaantuminen ja Ni- ja As-pitoisuuspiikki vesistöissä	II
Talkkipiirin altaan patomurtuma	Prosessiveden leviäminen patomurtumaskenaarioiden mukaisesti	Prosessiveden leviäminen patomurtumaskenaarioiden mukaisesti	II
Soidinsuon altaan patomurtuma	Juoksutuskelpoisen veden leviämisaalto patomurtumaskenaarioiden mukaisesti	Juoksutuskelpoisen veden leviämisaalto patomurtumaskenaarioiden mukaisesti	II
Papinlammen hajakuormitus	Suotovesien kulkeutuminen Lahnasjokeen tai Papinpuroon. Suotovesien keruun vikaantuminen.	Ni, As, SO ₄ kuormitus ympäristöön	II
Luonnon ääriolosuhteet	Myrsky, tulva, rankkasade	Sähkökatkot, patomurtumat, kaivosten tulviminen > tehtaan, kaivostoiminnan keskeytyminen, ympäristövahingot, ihmisten vahingoittumien.	I
Asteikko:			
Merkityksetön riski			
Vähäinen riski			
Kohtalainen riski			
Merkittävä riski			
Sietämätön riski			

14 Suuronnettomuuden vaaran arviointi ja haittojen torjuminen

Ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014) 115 §:n mukaan toiminnanharjoittajan on oltava selvillä jätealueesta aiheutuvasta suuronnettomuuden vaarasta sekä huolehdittava jätealueen suunnittelusta, perustamisesta, hoidosta, käytöstä poistamisesta ja jälkihoidosta siten, että suuronnettomuudet ehkäistään.

Suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavasta kaivannaisjätteen jätealueesta on laadittava toimintaperiaateasiakirja sekä otettava käyttöön turvallisuusjohtamisjärjestelmä ja

sisäinen pelastussuunnitelma. Niiden laatimisessa on otettava huomioon jätealueesta aiheutuva suuronnettomuuden vaara. Elementisin Sotkamon kaivoksen alueella ei ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavia kaivannaisjätteiden jätealueita.

Sisäisessä pelastussuunnitelmassa on esitettävä toimet, joilla torjutaan mahdollisen onnettomuuden vaikutuksia, rajoitetaan seuraukset mahdollisimman vähäisiksi ja varaudutaan onnettomuuden jälkien korjaamiseen, sekä toimet, joilla varoitetaan väestöä ja ilmoitetaan viranomaisille. Suunnitelmaa on arvioitava ja tarvittaessa tarkistettava vähintään kolmen vuoden välein sekä ilmoitettava tästä valvontaviranomaisille. Sisäisestä pelastussuunnitelmasta ja sen toimittamisesta valvontaviranomaisille on säädetty tarkemmin valtioneuvoston asetuksella 190/2013 (nk. kaivannaisjäteasetus, liite 4).

Edellä mainittuja kohtia (YSL:n 115 §) ei sovelleta, jos suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaan kaivannaisjätteen jätealueeseen sovelletaan vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden turvallisuudesta annetun lain 390/2005 30–32 §:ssä säädettyjä vaatimuksia.

14.1 Suuronnettomuuden vaaran arviointiperusteet

Kaivannaisjäteasetuksen 4 §:n mukaan jätehuoltosuunnitelmassa tulee esittää:

- 4) kaivannaisjätteen jätealueen luokituksen mukaan joko tiedot suuronnettomuuden torjumiseksi laadituista toimintaperiaatteista, turvallisuusjohtamisjärjestelmästä ja sisäisestä pelastussuunnitelmasta tai muu selvitys onnettomuusvaaroista

Kaivannaisjäteasetuksen liitteessä 2 määritellään menettelyt ja raja-arvot, joita on noudatettava jätealueen luokittelussa suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Tarkasteltavia tekijöitä ovat:

- A. jätealueen rakenteelliseen vakauteen tai virheelliseen toimintaan liittyvä ympäristölle tai ihmisten terveydelle aiheutuva vaara
- B. jätealueelle sijoitettavan vaarallisen jätteen määrä, tai
- C. jätealueelle sijoitettavien ympäristölle tai terveydelle vaarallisten kemikaalien määrä

Arviointiperusteiden kohtia B ja C ei kaivannaisjäteasetuksen mukaan sovelleta pysyväille jätteille tai pilaantumattomalle maa-ainekselle.

A Rakenteellinen vakaus tai virheellinen toiminta

Jätealue on asetuksen mukaan luokiteltava suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi jätealueeksi, jos rakenteellisen vakauden heikkenemisestä tai jätealueen virheellisestä toiminnasta johtuvasta vahingosta aiheutuvat ennustetut lyhyen tai pitkän aikavälin seuraukset, jätealueen koko elinkaari ja myös jälkihoitovaihe huomioon ottaen, voivat johtaa seuraaviin tilanteisiin:

- ihmishenkien menetykset ovat erittäin mahdollisia
- merkittävä vaara ihmisten terveydelle
- merkittävä vaara ympäristölle

Seurausten arvioinnissa on otettava huomioon mm. jätealueen koko ja ominaisuudet, jätteen määrä ja laatu, kasan fyysiset ominaisuudet, jätealueen topografia, mahdollisen tulva-aallon siirtymisaika alueille, joilla oleskelee ihmisiä, tulva-aallon etenemisnopeus ja aluekohtaiset tekijät (ilmasto, sadanta).

Rakenteellisella vakaudella tarkoitetaan alueen kykyä pitää jätteet rajojensa sisäpuolella suunnitellusti.

B Jätealueelle sijoitettavan vaarallisen jätteen määrä

Jätealue on luokiteltava suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi siihen sijoitettavan vaarallisen jätteen määrän perusteella, jos jätealueelle sen koko toiminnan aikana sijoitettavan vaarallisen jätteen ja jätteen kokonaismäärän suhde (määrä kuivapainona)

- ylittää 50 %
- on 5–50 %, ellei luokitusta todeta perusteettomaksi aluekohtaisella riskinarvioinnilla.

Riskiarviointi on tehtävä osana luokittelua, joka perustuu jätealueen rakenteellisen vakauden heikkenemisestä tai virheellisestä toiminnasta johtuvasta vahingosta aiheutuviin seurauksiin ja siinä on kiinnitettävä erityistä huomiota vaarallisten jätteiden vaikutuksiin.

Jos vaarallisen jätteen ja jätteen kokonaismäärän suhde on alle 5 %, ei jätealuetta luokitella suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi jätealueeksi siihen sijoitettavan vaarallisen jätteen määrän perusteella.

C Jätealueelle sijoitettavan ympäristölle tai terveydelle vaarallisen kemikaalin määrä

Rikastushiekka-alue on luokiteltava suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi, jos rikastusjätteen vesifaasin katsotaan suurimman mahdollisen vuotuisen pitoisuuden perusteella olevan vaarallinen kemikaali. Vaarallisella kemikaalilla tarkoitetaan ainetta tai seosta, joka aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 mukaisesti luokitellaan vaaralliseksi aineeksi tai seokseksi. Laskennassa huomioidaan vaarallisten kemikaalien määrät vuositason ja rikastushiekka-alueella vuosittain päätyvän veden määrä, joiden perusteella lasketaan kemikaalin suurin mahdollinen vuotuinen pitoisuus rikastushiekan vesifaasissa.

14.2 Sivukiven ja maa-aineksen läjitysalueiden suuronnettomuuden vaaran arviointi

Arvioitaessa sivukiven ja maa-ainesten läjitysalueiden rakenteellista vakautta tai virheellistä toimintaa (A-kohta)

Pintamaan ja sivukiven läjitysalueilla tai niiden läheisyydessä mahdollisella vaikutusalueella ei kaivoksen toiminta-aikana oleskele muita ihmisiä kuin alueella

työskentelevät, minkä perusteella vaara ihmishenkien menetykselle ja ihmisten terveydelle voidaan katsoa olevan mitätön (kaivannaisjäteasetus 190/2013, liite 2, kohta 1.2.a).

Sivukiven ja pintamaa-aineksen geotekniset ominaisuudet on otettu huomioon läjityksen suunnittelussa. Täyttö tehdään kerroksittain. Penkereiden reunaluiskat muotoillaan siten, että saavutetaan riittävä varmuus luiskan sortumista ja eroosiota vastaan. Täytön vakaus varmistetaan rakenteellisten seikkojen lisäksi täyttöteknisin keinoin.

Pintamaita tullaan osin hyödyntämään sulkemisvaiheessa.

Vaarallisen jätteen tai ympäristölle ja terveydelle vaarallisen kemikaalin määrä (B ja C)

Elementisin Sotkamon kaivoksen kaivannaisjätteitä ei luokitella vaaralliseksi jätteeksi. Sivukivi tai maa-aines ei myöskään ole prosessoitua jätettä.

Edellä esitettyjen tietojen perusteella sivukivi- ja pintamaa-alueiden rakenteelliseen vakauteen tai virheelliseen toimintaan ei liity sellaista vaaraa, josta voisi aiheutua ihmishenkien menetystä, merkittävää vaaraa ihmisten terveydelle tai merkittävää vaaraa ympäristölle. Sivukivialueille ei sijoiteta vaarallista jätettä, eikä niissä ole kemikaalilain mukaisia vaarallisia kemikaaleja.

Maa-aineksen ja sivukiven läjitysalueet eivät ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavia kaivannaisjätealueita vaan ovat muita kaivannaisjätteen jätealueita.

14.3 Rikastushiekka-altaan suuronnettomuuden vaaran arviointi

Tässä kappaleessa esitettävät tiedot perustuvat vahingonvaara-arvioon (liite 4). Rikastushiekka-altaalle on laadittu vahingonvaara-arvio patokorkeudella + 190 m.

Rakenteellinen vakaus tai virheellinen toiminta

Patomurtuman sattuessa altaan pohjoisosassa alkuperäisten reunapatojen A- ja C-kohdilla, rikastushiekka leviää pohjoiseen ja jää pääosin Kotisuon alueelle. Reunapadon C- kohdalta hiekkaa voi purkautua myös itään. Reunapadon B patomurtumassa rikastushiekka leviää altaan länsipuoliselle suoalueelle. Vapaa vesi altaasta purkautuu nopeasti samalle alueelle ja edelleen Lahnasjoen altaaseen. Veden mukana myös rikastushiekkaa kulkeutuu Lahnasjoen altaaseen jossain määrin. Reunapadon D patomurtumassa rikastushiekka leviää altaan eteläpuolelle suo- ja metsäalueelle, jossa sijaitsee myös Papinlammen eteläpuolen vesiallas. Rikastushiekka leviää Papinlammen eteläpuolen vesialtaasta Lahnasjoen suuntaan sekä kaakkoon suoalueen kautta Papinmäen peltoalueelle, joka on aktiivisessa käytössä.

Papinlammen pato-onnettomuus voi aiheuttaa vaaraa terveydelle, sekä ympäristölle ja omaisuudelle. Vahingonvaara ei ole merkittävästi muuttunut alkuperäisestä tai edellisen korotuksen arviosta, joka on tehty olettaen altaan olevan täynnä jätevettä. Arvioiduilla rikastushiekan leviämisaalueilla ei sijaitse asutusta eikä sellaisia alueita, missä ihmisiä oleilee säännöllisesti. Papinlammen altaan patojen ehdotetaan kuuluvan edelleen 2-luokkaan.

Jätealueelle sijoitettavan vaarallisen jätteen määrä (B)

Rikastushiekka-alueelle ei sijoiteta vaarallista jätettä.

Jätealueelle sijoitettavan ympäristölle tai terveydelle vaarallisen kemikaalin määrä (C)

Alla esitetään kolmen keskeisen rikastuskemikaalin päätyminen rikastushiekka-altaalle. Koska laskelma koskee rikastushiekka-altaan vaaraluokitusta ja rikastushiekkaan kertyvän kemikaalin määrän suhdetta huokosvesimassaan, on konservatiivisesti arvioitu, että kaikki rikastushiekka-alueelle pumpattavan lietteen mukana tuleva rikastuskemikaalijäämä sitoutuu rikastushiekan huokosveteen. Kemikaalien vaaraluokitus on esitetty taulukossa 14-1.

Vaarallisen kemikaalin suurin mahdollinen vuotuinen pitoisuus (C_{maks}) rikastusjätteen vesifaasissa lasketaan kaivannaisjäteasetuksen liitteen 2 mukaan kaavalla $C_{maks}=S/\Delta Q$. S on rikastushiekka-alueella johdettu kemikaalin vuotuinen kokonaismäärä. Altaalle päätyvän kemikaalin määrä on arvioitu kemikaalien vuotuisesta kulutuksesta sekä rikastushiekka-altaalle vuosittaisen läjityksen avulla (taulukot 3-5 ja 5-4). Alla (Taulukko 14-1) on esitetty maksimipitoisuudet rikastushiekka-altaassa niille kemikaaleille, joilla on asetuksen (EY) N:o 1272/2008 liitteen IV mukaisia vaaraominaisuuksia.

Taulukko 14-1 Kemikaalien suurimmat mahdolliset pitoisuudet % matalarikkisen rikastushiekan alueella, kun kemikaalia päätyisi rikastushiekka-alueelle rikastuskokeiden mittausten mukainen määrä, kemikaalien vaaraominaisuudet (H302-H412) sekä vaaraominaisuuksien mukainen pitoisuusraja-arvo (0,25–55 %). Rastilla merkitty vaaraominaisuudet, joita kemikaalilla on.

Rikastuskemikaali		2-etyyliheksanoli	Propyleeniglykolimetyylietä	Natriumetyyli-ksantaatti
Pitoisuus		0.004 %	0.002 %	0.003 %
H302	25 %		x	x
H311	15 %			
H314	1 %			x
H315	20 %	x	x	
H317	10 %			x
H318	10 %			x
H319	20 %	x	x	
H335	20 %	x		
H412	25 %			x

Asetuksen (EY) N:o 1272/2008 liitteen IV vaaraominaisuuden H315 ja H319 perusteella rikastusprosessissa käytetyistä kemikaaleista 2-etyyliheksanoli ja propyleenimetyylikolietäerä ovat yksittäisinä vaarallista pitoisuustasolla 20 %. Natriumetyyliksantaatti on yksittäisenä vaarallista pitoisuustasolla 1 %, voimakkaasti ihoa syövyttävä ja silmiä vaurioittava (H314). Huomioitaessa kemikaalien yhteisvaikutus,

yksittäistä kemikaalia tulee vaaraominaisuudesta riippuen olla vähintään 1 % pitoisuus (cut-off-arvo), jotta se huomioidaan kemikaaliseoksen vaarallisuutta arvioitaessa. Näin olleen rikastushiekan vesifaasi ei myöskään kemikaaliseoksena voi olla luokiteltavissa vaaralliseksi kemikaaliksi. Rikastushiekka-alueen vesifaasiin ei arvioida päätyvän kemikaaleja määrinä, jonka perusteella vesifaasi luokiteltaisiin asetuksen (EY) N:o 1272/2008 mukaisesti vaaralliseksi aineeksi tai seokseksi.

14.4 Suuronnettomuuden torjunta

Rikastushiekka-allasta ei luokitella suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi.

15 Parhaan käytettävissä olevan tekniikan huomioiminen

Vuonna 2018 on julkaistu kaivannaisjätteen hallinnasta päivitetty BREF-asiakirja, mikä korvasi edellisen vuonna 2009 hyväksytyn asiakirjan. Edellinen versio laadittiin jo vuonna 2004, ennen kaivannaisjätettä koskevan direktiivin (2006/21/EY) voimaantuloa ja vuoden 2018 päivityksessä huomioitiin voimassa oleva kaivannaisjäte direktiivi.

BREF-asiakirja kuvaa olemassa olevia tekniikoita kaivannaisjätteiden hallinnassa ja nostaa joitakin niistä BAT-tekniikoiksi tietyin edellytyksin. Ei ole olemassa varsinaisia juridisia tulkintoja siitä, miten BAT määritellään eikä asiakirjaa tule käyttää tässä tarkoituksessa. BREF-asiakirjasta käy ilmi, että asiakirjan ja sen yhteenvetona esitettyjen BAT-päätelmien tarkoituksena on:

- antaa kaivannaisteollisuudelle, viranomaisille ja muille asiaankuuluville osapuolille ajantasaisia tietoja kaivannaisjätteen hallinnasta sekä
- tukea päätöksentekijöitä esittämällä luettelo BAT-teknologioista, joilla estetään tai mahdollisuuksien mukaan rajoitetaan kaivannaisjätteiden hallinnan haitallisia vaikutuksia ympäristölle ja terveydelle. Huomioiden kuitenkin, että BAT-päätelmiin sisällytetyt tekniikat eivät ole pakollisia eikä asiakirja sisällä kaikkea mahdollista hyvin toimivaa. Voidaan siis käyttää myös muita tekniikoita, jotka tarjoavat vähintään samantasoisien suojan ympäristölle.

BAT-päätelmät (BREF-asiakirjan luku 5) jaetaan kahteen ryhmään:

- Yleiset BAT-päätelmät, joita sovelletaan yleisesti;
- Riskiperusteiset BAT-päätelmät, joita sovelletaan kohteissa, joissa on tunnistettu ympäristö- tai terveysvaikutuksia riskinarvioinnin tai vaikutusarvioinnin avulla.

BAT-päätelmien soveltaminen Elementisin Sotkamon kaivoksella on esitetty liitteessä 2.

16 Tarkkailu ja tarkastukset toiminnan aikana ja sen jälkeen

Kaivannaisjäteasetuksen 4 §:n mukaan jätehuoltosuunnitelmassa tulee esittää:

8) selvitys seurannasta ja tarkkailusta toiminnan aikana ja sen päätyttyä

16.1 Ympäristötarkkailu

Koska jätehuoltosuunnitelmassa tarkkailu keskittyy kaivannaisjätteen tarkkailuun sekä jätealueiden tarkkailuihin, päästö-, ja vaikutustarkkailu kuvataan vain karkealla tasolla. Kaivoksen seuranta- ja tarkkailuohjelmaehdotukseen sisältyy vesistöön johdattavien päästöjen ja niiden vaikutusten tarkkailu. Vaikutustarkkailuun on huomioitu veden fysikaalis-kemiallinen tarkkailu sekä biologinen tarkkailu ja kalaston tarkkailu. Pohjavesien laatua ja pinnan tasoa tullaan seuraamaan jätealueen ympäristöön asennetuista ja asennettavista pohjavesiputkista. Rikastushiekka-alueen sekä muiden läjitysalueiden pölyämistä tarkkaillaan henkilökunnan toimesta.

Sotkamon kaivos- ja tehdasalueen purkuvesistön tarkkailu on aloitettu vuonna 1975. Vuodesta 2009 alkaen tarkkailu on toteutettu vuonna 2008 valmistuneen tarkkailuohjelman (Pöyry Environment Oy 2008) mukaan. Tarkkailuohjelmaan on tehty sen jälkeen pieniä muutoksia, ja tarkkailuohjelma on päivitetty kokonaisuudessaan 29.11.2024, mutta sitä ei ole vielä hyväksytty (tilanne 11.12.2024).

Sulkemisvaiheen tarkkailun pääperiaatteet käsitellään sulkemissuunnitelmassa (Liite 3).

16.2 Stabiliateetti ja patoturvallisuustarkkailut

Pintamaa- ja sivukivialueilla seurataan täytön ja luiskien vakavuutta silmämääräisesti toiminnan aikana.

Patoja tarkkaillaan turvallisuustarkkailuohjelman, patoturvallisuuslain ja patoturvallisuusoppaan mukaisesti. Rikastushiekka-altaan tarkkailuohjelma on päivitetty 27.9.2013. Patoviranomainen on hyväksynyt tarkkailuohjelman 27.11.2024, KAIELY/23/07.02/2010.

16.3 Jätejakeiden tarkkailu

Elementis on esittänyt uutta tarkkailuohjelmaa, jota on täydennetty viimeksi 27.11.2024. ELY-keskus ei ole antanut vielä hyväksyntää tarkkailuohjelmaan (tilanne 11.12.2024). Seuraavassa on esitetty jätejakeiden tarkkailu ohjelmaesityksen mukaisesti:

Sivukivet

Sivukivistä kootaan edustavat kokoomanäytteet. Jokaisesta louhintäerästä otetaan sivukivinäyte, ja sivukiven neljännesvuosinäyte kootaan suhteessa louhintamääriin.

Neljännesvuosittain kustakin kokoomanäytteestä määritetään:

- ABA-testi standardin EN 15875 mukaisesti.
- Peruskarakterisoinnissa tunnistettujen metallien ja puolimetallien kuningasvesiliukoiset pitoisuudet: As, Co, Cr, Ni ja Sb.

Kahdesti vuodessa tutkitaan neljännesvuosikokoomanäytteen rinnakkaisnäytteestä laajempi analyysivalikoima:

- Alkuaineet kuningasvesiuutolla: Sb, As, Ba, Hg, Cd, Ca, Co, Cr, Cu, Pb, Mg, Mn, Mo, Ni, Fe, Se, Zn, Sn, U ja V.
- NAG-testi. ABA-testin ja NAG-testin tulosten perusteella määritetään teoreettisesti näytteen hapontuottokyky.

Maanpoistomaat

Mikäli toiminnassa syntyy mineraalisia maanpoistomaita, analysoidaan näistä hapontuotto-ominaisuudet ABA-testillä sekä vähintään nk. PIMA-alkuaineet kuningasvesiuuton jälkeen kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013). Maa-aineksen tutkimukselle tehdään tapauskohtainen, erillinen tutkimussuunnitelma.

Sivukivialueen suotovesien neutralointisakka

Kaatopaikka-asetuksen piiriin kuuluvasta suotovesien neutralointisakasta tehdään analyysit kerran vuodessa aiemman tarkkailuohjelman mukaisesti: keskeisten metallien ja rikin kokonaispitoisuudet (laaja alkuaineanalyysi, ICP-MS) ja liukoisuudet. Analytiikka toteutetaan VNA 331/2013 liitteen 2 mukaisilla menetelmillä:

- Alkuaineiden pitoisuudet (kuningasvesiuuttoliuoksesta): As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, S, Sb, Se, Sn, V, Ti, Zn, Hg.
- liukoisuudet 2-vaiheisesta ravistelutestistä (SFS-EN 12457-3); As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sn, Sb, Se, Zn, V, Hg, Cl, F, SO₄, DOC, pH, sähkönjohtokyky, TDS.

Soidinsuon altaan nikkelisakkaa muodostuu kaivosvesien käsittelyssä. Altaasta kerran vuodessa kerätystä sakasta tehdään vastaavat tutkimukset kuin suotovesien neutralointisakasta kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) liitteen 2 mukaisin menetelmin.

Rikastushiekka läjitetään altaalle kahta eri linjaa pitkin (80 % ja 20 %). Rikastushiekkalietteen koostumus linjoissa on hieman erilainen, ja toisessa on suurempi kiintoainepitoisuus. Vähemmän kiintoainetta sisältävä rikastushiekkalinja (talkkipiirin jäte) on myös talkkipitoisempaa. Rikastushiekan tarkkailunäytteet otetaan putkilinjoissa olevista näytehanoista. Näytteet suodatetaan suodatinpaperin läpi ja suodattimelle jäävästä kiintoaineesta muodostetaan Elementisin laboratoriossa 3 kk:n ajanjaksoa edustava kokoomanäyte ja näistä 3 kk:n kokoomanäytteistä yksi 12 kk:n kokoomanäyte.

Näytteenotosta vastaa toiminnanharjoittaja. Putkilinjojen näytteet siis yhdistetään oikeassa suhteessa (80/20) altaaseen menevää rikastushiekkaa edustavaksi kokoomanäytteeksi. Kaikki kokoomanäytteet sekoitetaan hyvin ja jaetaan kahteen osaan, joista toinen osanäyte toimitetaan laboratorioon ja laadunvarmistusnäytteet jätetään Elementisille 12 kk:n ajaksi. Analyysit tehdään kaivoksen sopimuslaboratoriossa normaalin tuotannon laatusurannan yhteydessä.

Koska rikastushiekan laatu vaihtelee riippuen käytetystä malmista (Uutela/Punasuo), on edeltäviä vuosia tiheämpi näytteenotto- ja testaussuunnitelma perusteltu. Tihennetyllä tarkkailulla saadaan malmin laatuvarmuuden vaikutus rikastushiekan laatuun selville paremmin kuin aiemman tarkkailuohjelman mukaisesti kaksi kertaa vuodessa otettavilla näytteillä.

Neljännesvuosittain (kolmen kuukauden kokoomanäytteistä) määritetään:

- ABA-testi (EN 15875): Kokoomanäytteistä analysoidaan rikin eri esiintymismuodot ja karbonaattisen hiilen pitoisuus sekä haponmuodostuskyky ja neutralointipotentiaali nk. ABA-testillä (EN 15875). Näin voidaan seurata rikastushiekkajakeiden rikkipitoisuuden kehitystä ja laskennallista hapontuottopotentiaalia ja neutralointikykyä.
- Kolmen kuukauden kokoomanäytteestä tehtävä kuningasvesiliukoisten alkuaineiden valikko perustuu edeltävissä tarkkailuraporteissa tunnistettuihin kohonneisiin alkuainepitoisuuksiin. Kuningasvesiliukoisten alkuaineiden määritykset (As, Co, Cr, Ni ja Sb).

Kerran vuodessa (vuosikokoomanäytteestä) määritetään:

- ABA-testi (EN 15875): Kokoomanäytteistä analysoidaan rikin eri esiintymismuodot ja karbonaattisen hiilen pitoisuus sekä haponmuodostuskyky ja neutralointipotentiaali nk. ABA-testillä (EN 15875). Näin voidaan seurata rikastushiekkajakeiden rikkipitoisuuden kehitystä ja laskennallista hapontuottopotentiaalia ja neutralointikykyä.
- Kuningasvesiliukoisten alkuaineidenmääritys laajemmalla parametrivalikoimalla (Sb, As, Ba, Hg, Cd, Ca, Co, Cr, Cu, Pb, Mg, Mn, Mo, Ni, Fe, S, Se, Zn, Sn, U ja V).

17 Sulkemissuunnitelma ja vakuusesitys

Kaivannaisjäteasetuksen 4 §:n mukaan jätehuoltosuunnitelmassa tulee esittää:

9) tiedot toiminnan lopettamisesta, kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisesta ja jälkihoidosta sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta.

Kaivoksen sulkemiseen sisältyy kaivostoiminnan pysyvä lopettaminen ja siihen liittyvät sekä sen jälkeen tehtävät toimenpiteet eli kaivostoiminnan alasajo, jälkihoidon suunnittelu, jälkihoito ja toiminnan jälkeinen seuranta. Kaivoksen sulkemisen voidaan katsoa päättyvän vasta silloin, kun sulkemiselle asetetut tavoitteet ja kriteerit on

saavutettu. Kaivannaisjätteen jätealuetta pidetään käytöstä poistettuna, kun valvontaviranomainen on tarkastanut jätealueen ja hyväksynyt käytöstä poistamisen todettuaan, että jätealue ja sen vaikutusalueella oleva maa-alue on palautettu tyydyttävään tilaan ja että annettuja lupamääräyksiä on noudatettu (kaivannaisjäteasetus 190/2013).

Kaivannaisjäteasetuksessa (190/2013) edellytetään, että toiminnanharjoittaja vastaa jätealueen käytöstä poistamisen jälkeen tehtävistä toimista niin kauan kuin se on tarpeen sen varmistamiseksi, että alueesta ei aiheudu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa, alue on vakaa ja pysyvästi maisemoitu, alueesta ei aiheudu onnettomuuden vaaraa ja siitä aiheutuvaa ympäristökuormitusta taikka vaikutusalueen pinta- tai pohjavesien tilaa ei ole enää tarpeen tarkkailla. Tarvittavista toimista määrätään ympäristönsuojelulain nojalla annettavissa määräyksissä.

Sulkemissuunnitelma on tämän kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman liitteenä 3. Sulkemissuunnitelma sisältää sulkemisen tavoiteasettelun, toimenpiteet, sulkemisen jälkeisen tilan konseptualisoinnin ja numeerisen arvioinnin, tarkkailun kehyksen sekä vakuusarvion.

18 Jätehuoltosuunnitelman päivittäminen

Tämä jätehuoltosuunnitelma on päivitetty vastaamaan kaivoksen suunniteltua toimintaa. Suunnitelma sisältää päivitettyt tiedot mm. rikastushiekkojen laadusta, kaivannaisjätealueiden suunnitelmista, vesien käsittelystä, kaivannaisjätteiden hallinnasta sekä arvion riskeistä ja BAT-päätelmien toteutumisesta.

Ympäristönsuojelulain 527/2014 114 §:n mukaisesti toiminnanharjoittajan on arvioitava ja tarvittaessa tarkistettava kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma vähintään viiden vuoden välein ja ilmoitettava tästä valvontaviranomaiselle.

Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaa on muutettava, jos kaivannaisjätteen määrä tai laatu taikka jätteen loppukäsittelyn tai hyödyntämisen järjestelyt muuttuvat merkittävästi. Tällöin ympäristölupaa on muutettava siten kuin ympäristönsuojelulain 89 §:ssä säädetään tai ilmoitusta koskevaa päätöstä on tarkistettava. Jos toiminta kuitenkin muuttuu olennaisesti, sovelletaan, mitä ympäristönsuojelulain 29 §:ssä säädetään.

Elementisin kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma päivitetään viimeistään vuonna 2029 tai aikaisemmin, mikäli suunnitelmat muuttuvat merkittävästi tässä esitetystä.

19 Lähdeluettelo

AFRY Finland Oy 2020a. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailu 2019.

AFRY Finland Oy 2020b. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. Papinlammen rikastushiekka-allas. Korotussuunnitelma. 17.1.2020.

AFRY Finland Oy 2021a. Elementis Minerals B.V. Suomen sivuliike Papinlammen rikastushiekka-altaan korotus Ympäristölupahakemuksen muutos 13.1.2021. Projekti 101009475.

AFRY Finland Oy 2021b. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailu 2020

AFRY Finland Oy 2022. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailu 2021.

AFRY Finland Oy 2023. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailu 2022.

AFRY Finland Oy 2023b. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. S Sotkamon kaivos- ja tehdasalueen ympäristötarkkailuohjelma. 30.11.2023. Projektinumero: 101022948-002.

AFRY Finland Oy 2024. Elementis Minerals B.V. Branch Finland Kaivannaisjätteiden ja vesienhallinnan YVA-ohjelma 6.5.2024. Projektinumero: 101023788.

AFRY Finland Oy 2024b. Punasuon louhoksen numeerinen pohjavesimallinnus.

AFRY Finland Oy 2024c. Elementis Minerals B.V. Branch Finland Sotkamon kaivos, vanha maanlajitusalue, maaperän geokemiallinen selvitys 2024. 101023791-001

AFRY Finland Oy 2024d. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. Uutelan kaivoksen kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma. 101026138-001

Aroviita, J. Mitikka, S. & Vienonen Sanna (toim.). 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportti 37/2019- Suomen ympäristökeskus. 177 s

Elementis 2020a. Säteilylain edellyttämä selvitys, Uutelan kaivoshanke (PSAVI/9947/2019), 23.9.2020. Elementis Minerals B.V. Suomen sivuliike.

Elementis 2020b. Elementis Minerals B.V. Branch Finland Lahnaslammen kaivostoiminnan sulkemissuunnitelma vuosille 2020–2023, 31.3.2020.

Elementis Oy 2024. Sähköpostitiedonanto 20.11.2024, A. Mursula.

Eurofins 2018. Testausseloste 19.9.2018. Raporttinumero: 083010. Tilaus: O-18-01736. Tilauksen kuvaus: Sakka-analyysi. Eurofins Ahma Oy, Rovaniemi.

Eurofins 2019. Testausseloste 12.8.2019. Raporttinumero: 058252. Tilaus: S19-17122. Asiakkaan viite: Uutelan sakkanäyte. Eurofins Labtium Oy, Kuopio.

Eurofins Ahma Oy 2022. Terrafame Oy pohjaeläintarkkailu vuonna 2021.

Geochemic Ltd 2024a. Compiled Static Testing. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. 5.8.2024

Geochemic Ltd 2024b. ASTM D 5744-18 Humidity Cell Testing – Issue 2. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. 7.10.2024

GTK 2005. Lahnaslammen kaivoksen ja uuden Punasuon kaivoksen sivukivien ympäristökelpoisuus, Dnro K43/41/02. 15.9.2005. Viittaus julkaisussa Ramboll Finland Oy 2015. Mondo Minerals B.V. Branch Finland, Sotkamon kaivos ja tehdas. Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma 5.10.2015.

Heikkinen, S., Valtonen, M., Johansson, H., Helle, I., Herrero, A., Mäntyniemi, S. & Kojola, I. 2023. Susikanta Suomessa maaliskuussa 2023. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 70/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 120 s.

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. ja Liukko, A.-M. 2019. Suomen lajien uhanalaisuus. Punainen kirja 2019.

Ilmasto-opas 2022. Kainuu – tyypillistä mannerilmastoa. [<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/kainuu-tyypillista-mannerilmastoa>] (aineisto luettu 20.2.2024)

Ilmatieteen laitos 2010. Mondo Minerals B.V. Branch Finland. Sotkamon tehdas. Hengitettävien hiukkasten ja niiden sisältämän arseenin ja nikkelin pitoisuusmittaukset kaivosalueen ympäristössä jaksolla 4.3.-9.10.2009

Ilmatieteen laitos 2024a. Ilmatieteen laitoksen avoin data, kuukausihavainnot. [<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>] (aineisto luettu 23.2.2024)

Ilmatieteen laitos 2024b. Ilmatieteen laitoksen avoin data, lämpötilatilastot. [<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-lampotilatilastot>] (aineisto luettu 23.2.2024)

Infrasuunnittelu Oy 2020. Riippumaton laadunvalvonta väliraportti. Lahnaslammen kaivoksen sivukivialueen sulkemistyö. 23.9.2020

Kainuun ELY-keskus 2022. Velvoitetarkkailuja sekä syvännepohjaeläinmenetelmiä vertaileva hanke (Vepove). Raportteja 28/2022.

Lehtinen, M., Nurmi, P. & Rämö, T. (toim.) 1998. Suomen kallioperä: 3000 vuosimiljoonaa. Helsinki, Suomen Geologinen Seura ry., 375 s.

Mehtonen, J., Siimes, K., Leppänen, M., Junttila, V., Äystö, L., Vähä, E., Karjalainen, J., Hu, X., Österholm, P. ja Nystrand, M. 2023. Haitalliset aineet pintavesissä. Muutosehdotuksia vesiympäristölle vaarallisten aineiden asetukseen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2023.

Petrolab 2024. GCL0182 Modal Mineralogy & EPMA Analysis. Geochemic Ltd. Mineralogical Report AM8102b 26/07/2024.

Pirinen ym. 2012. Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010. [<https://helda.helsinki.fi/items/a6d2e07c-e25a-498e-81e0-b29968e3bc55>] (23.2.2024)

Pöyry Environment Oy 2008. Mondo Minerals Oy. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailuohjelma.

Pöyry Finland Oy. 2012. Lahnaslammen louhoksen virtausmallinnus. 67 s.

Ramboll Finland Oy 2015. Mondo Minerals B.V. Branch Finland, Sotkamon kaivos ja tehdas. Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma. 5.10.2015

Saarelainen, J. & Räisänen, M-L. 2001. Lahnaslammen kaivospiirialueen maaperä- ja hydrogeologinen nykytilaselvitys. Geologian tutkimuskeskus, Väli-Suomen aluetoimisto.

SGS 2015. Mondo Minerals B.V. Branch Finland. Analyysiraportti. 10.8.2015

SGS 2024. SGS-laboratorion online tietokannasta haettu uutelan vesienkäsittelysakkojen tulokset. 26.11.2024.

SGS 2025. Sakka geotuubi. RN25-00340.001. 17.3.2025

Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2011. Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi – Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21, 35 s.

SYKE (Suomen ympäristökeskus) 2020. Vesistöjen kemiallinen tila on edelleen huono. Tiedote 28.8.2020.

SYKE (Suomen ympäristökeskus) 2024. Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötietojärjestelmät. [<http://www.syke.fi/avointieto>]

a) Pintavesien tilan tietojärjestelmä, vedenlaatu PIVET

b) Vesienhoidon 3. suunnittelukauden tietojärjestelmä

c) Kasviplanktontietojärjestelmä KPLANK

Säteilyturvakeskus (STUK) 2021. Ohjeita työntekijän altistuksen arviointiin. Ympäristön säteilyvalvonta. #2047300. 7.10.2021.

TAPIR 2024. Maaperän taustapitoisuudet. Taustapitoisuusrekisteri. Geologian tutkimuskeskus. <https://gtkdata.gtk.fi/tapir/> (tiedot on haettu 19.8.2024, rajausta 10 km kaivosalueen keskeltä, n=74)

Työterveyslaitos 2016. Asbestiriskien hallintaohjeet kaivoksille.

THL, Työterveyslaitos 2024. Työhygieeninen selvitys Elementis Minerals B.V:n tehtaalla ja kaivoksella Sotkamossa 13.-15.8.2024.

Ympäristöministeriö (YM) 2011. Maarakentamisen uusiomateriaalit – ympäristökelpoisuuden osoittaminen ja tuotteistaminen. Ympäristöministeriön julkaisuja 2011:11.

Ympäristöministeriö (YM) 2019. Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:2.

ASTM D 5744-18 Humidity Cell Testing

Punasuon sivukivinäytteiden ja
rikastushiekkänäytteen kosteuskammiokokeet
(viikot 0-12)

Elementis Minerals B.V. Suomen sivuliike

Projektinumero: 101023791

12.12.2024



Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	2
1.1	Yhteenveto	2
1.2	Kosteuskammiokokeen aikataulu ja testatut näytteet	4
1.3	Kosteuskammiokokeen tulokset, sivukivet ja rikastushiekka.....	4
2	Viitteet	21

1 Johdanto

Kosteuskammiokoe on ensisijainen testimenetelmä silloin, kun tarvitaan tietoa sulfidimineraalien hapettumisesta ja hapettumistuotteista pitkällä aikavälillä. Kosteuskammiokoe on kuitenkin hyödyllinen myös ei-happoa tuottavien kaivannaisjätteiden tarkastelussa, kun tuotetaan syötetietoa suotovesien laadun arviointiin. Kosteuskammiokoe (ASTM D5744) on pitkäaikainen kineettinen koe, jonka kesto vaihtelee tarpeen mukaan aina 20 viikosta useisiin vuosiin. Kosteuskammiokokeessa näytettä altistetaan viikoittain sekä hapettumiselle että vesihuuhtelulle. Ensimmäinen huuhtelu tehdään kokeen alkaessa. Läpivirrannut huuhteluvesi tutkitaan ja tuloksia tarkastellaan aikasarjana. Viikkoliuosten pitoisuuksia voidaan käyttää syötetietona suotoveden laadun arvioinnissa. Kosteuskammiokokeen tulokset kuvaavat jättemateriaalien rapautumista (ml. hapettumisreaktiot) tehostetuissa olosuhteissa.

Rikastusprosessissa muodostuvien hienojakoisten, vedellä kyllästyneisiin olosuhteisiin läjitettävien rikastusjätteiden osalta kosteuskammiokokeen olosuhteet eivät kuitenkaan mahdollista niitä prosesseja, jotka tapahtuvat syvemmillä rikastushiekkakerroksessa, missä hapen määrä on rajallinen. Näissä olosuhteissa tapahtuvista muutoksista kaivannaisjätealueilla voidaan saada lisätietoa mm. modifioituilla testeillä ja/tai geokemiallisella mallintamisella.

Tässä liitteessä esitetään Geochemic Ltd:n suorittaman kosteuskammiokokeen tulokset (Geochemic Ltd. 2024) Punasuon louhoksen sivukivinäytteille ja Sotkamon rikastamon rikastushiekan kokoomanäytteelle. Rikastushiekan kokoomanäyte on koostettu rikastuksen kahdessa eri vaiheessa muodostuvista rikastushiekoista samassa suhteessa kuin niitä muodostuu eli samassa suhteessa kuin niitä johdetaan rikastushiekka-altaalle.

1.1 Yhteenvedo

Kosteuskammiokokeen koeylintereiden testaus suoritetaan ASTM D 5744–18-standardin mukaisesti käyttämällä aktiivista ilmankiertoa (vaihtoehto A). Koeylinterit on valmistettu kirkkaasta Perspex-akryylistä. Koeylinterit ovat joko leveitä (halkaisija 200 mm, korkeus 100 mm) tai korkeita (halkaisija 100 mm, korkeus 200 mm). Leveän tai korkean muotoisten koeylintereiden käyttö riippuu partikkelikoosta ja näytteiden läpäisevyydestä. Alhaisen läpäisevyyden näytteille, kuten prosessijätteille, käytetään leveitä kennoja ja ilmaa johdetaan näytteen pinnan yli. Karkeammille materiaaleille, kuten murskattu jättekivi, jolla on suurempi läpäisevyys, käytetään kapeampia sylintereitä, joissa ilma johdetaan näytteen läpi. Koeylinterin pohja on rei'itetty, joka on vuorattu polypropeenihuovalla. Huopa suodattaa hienot hiukkaset Huopa on itsessään tuettu rei'itetylle syöttökammiolle tyhjennyksen helpottamiseksi.

Jos mahdollista, kussakin testissä käytetään 1 kg näytettä vastaavaa kuivapainoa. Geochemicillä rikastushiekanäytteistä poistetaan ylimääräinen näytteistä erottunut



vesi, jonka jälkeen kosteat näytteet ladataan testausastioihin. Tämän tarkoitus on välttää näytteen tarpeettomat kemialliset muutokset ja vähentää haihtuvien aineosien, kuten prosessikemikaalijäämien ja syanidikomponenttien häviämisen mahdollisuutta. Näissä tapauksissa näytteiden vesipitoisuus määritetään standardin ISO 17892-1:2014 mukaisesti ja lisätyn kiintoaineen määrä lasketaan 1 kg kuivamassaekvivalentin perusteella.

Ensimmäisen viikon (viikko 0) uutto tehdään 1:1 neste-kiintoainesuhteella (eli 1 l kiintoaineen kuivamassaa kohti). Märkänä ladattujen näytteiden osalta näytteen alkuperäinen vesipitoisuus vähennetään ensimmäisestä 1 litrasta viikon 0 uutosta, jotta saadaan lisätyn veden kokonaismääräksi 1 l/kg. Seuraavalla viikolla lisätään 0,5 l/kg vettä. Ultrapuhdasta deionisoitua vettä (18,2 MΩ) käytetään solujen uuttoon.

Koesylintereille suoritetaan seuraavaksi viikoittainen sykli, joka koostuu kolmen päivän kuivan ilman kierrosta ja tätä seuraavasta kolmen päivän kostean ilman kierrosta. Näytteen huuhtoutuminen suoritetaan seitsemäntenä päivänä. Kosteuskammiohuoneen lämpötilat pidetään $25 \pm 2^\circ\text{C}$:ssa. Liuotuksen aikana deionisoitua vettä syötetään koesylinteriin yksi litra HDPE-erotussupiloista kahden tunnin aikana. Lixiviantin, eli deioinisoidun veden, annetaan olla kosketuksissa näytteen kanssa vielä kaksi tuntia ennen kuin sen annetaan valua yön yli. Tuloksena oleva suotovesi kerätään sitten koeastian pohjalta ja ilmastussykli käynnistetään uudelleen.

Viikoittain keräyspäivänä mitataan seuraavat parametrit: lisätyn deionisoidun veden massa, talteen otetun suotoveden massa, solujen painot kosteusjakson lopussa ja tyhjennyksen jälkeen. Seuraavat analyysit määritetään keräystä suotovedestä välittömästi ruiskusuodatuksen jälkeen: pH, sähkönjohtavuus, hapettumisen pelkistyspotentiaali / redox-potentiaali, alkalisuus / happamuus ja sulfaatti.

Suotoveden osanäytteet kerätään ja säilytetään ulkoista analyysiä varten alihankintana toimivassa ISO 17025 -akkreditoidussa laboratoriossa (tällä hetkellä ALS Environmental, Hawarden, UK). Tämä analyysi sisältää kattavan sarjan ICP-MS:n anioneja, kationeja ja hivenaineita. Kaikki näytteen valmistelu analyysiä varten (suodatus, näytteen säilöntä jne.) suoritetaan puhtaassa pöydässä/tilassa mahdollisten kontaminaatioiden minimoimiseksi. Ensimmäisten viiden viikon näytteet lähetetään suotovesianalyysiin viikoittain (viikot 0, 1, 2, 3 ja 4). Sen jälkeen lähetetään neljän viikon yhdistelmänäytteet (viikot 5–8, 9–12, 13–16, 17–20 ja niin edelleen). Yhdistelmänäytteet koostuvat yhtä suuresta määrästä suotovettä jokaiselta viikolta. Deionisoidun veden syötteen nollanäyte ja suotovesinäytteen kaksoiskappaleet lähetetään analysoitavaksi jokaisen ulkoiseen analyysiin lähetettävän näyte-erän yhteydessä.

1.2 Kosteuskammiokokeen aikataulu ja testatut näytteet

Kosteuskammiokokeet on aloitettu 27.6.2024 (viikko 0) ja tulostulokset ja koonnit on tehty pisimmillään viikolle 12 asti (19.9.2024). Tämän koontiraportin tekohetkellä (12.12.2024) uudempia tuloksia ei ole ollut vielä käytettävissä. Seuraava koontiraportti tehdään vuoden 2025 alussa.

Kosteuskammiokokeessa on testattavana yksi rikastushiekkänäyte (kokooma) sekä viisi erillisistä sivukivinäytettä. Alla taulukossa 1-1 on esitetty testattavien näytteiden sisältö sekä kunkin koesylinterin kosteuskammiokokeen kesto.

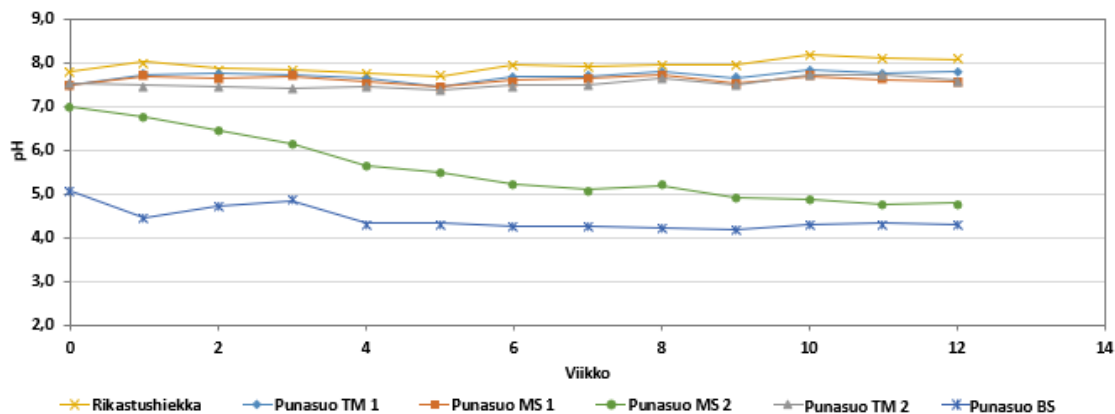
Taulukko 1-1. Kosteuskammiokokeen näytteiden sisältö näytetunnuksineen. Viisi näytettä sisältää eri sivukivilajeja, yksi rikastushiekan kokoomanäyte sisältää rikastushiekkaa Sotkamon rikastamolalta, kahdesta eri prosessivaiheesta. Kokoomanäyte sisältää näiden vaiheiden rikastushiekkaa samassa suhteessa kuin sitä muodostuu.

Näytetunnus (Geochemic ID)	Kuvaus	Näytteenimi	Kosteuskammio- kokeen kesto (vk)
GCL0182-003	Rikastushiekan kokoomanäyte	Rikastushiekka	0-12
GCL0182-004	Talkkimagnesiitti ($S_{\text{kok}} = 0,7 \%$)	Punasuo TM 1	0-12
GCL0182-006	Kiilleliuske ($S_{\text{kok}} = 0,4 \%$)	Punasuo MS 1	0-12
GCL0182-007	Kiilleliuske ($S_{\text{kok}} = 2,6 \%$)	Punasuo MS 2	0-12
GCL0182-008	Talkkimagnesiitti ($S_{\text{kok}} = 4,3 \%$)	Punasuo TM 2	0-12
GCL0182-009	Mustaliuske ($S_{\text{kok}} = 13 \%$)	Punasuo BS	0-12

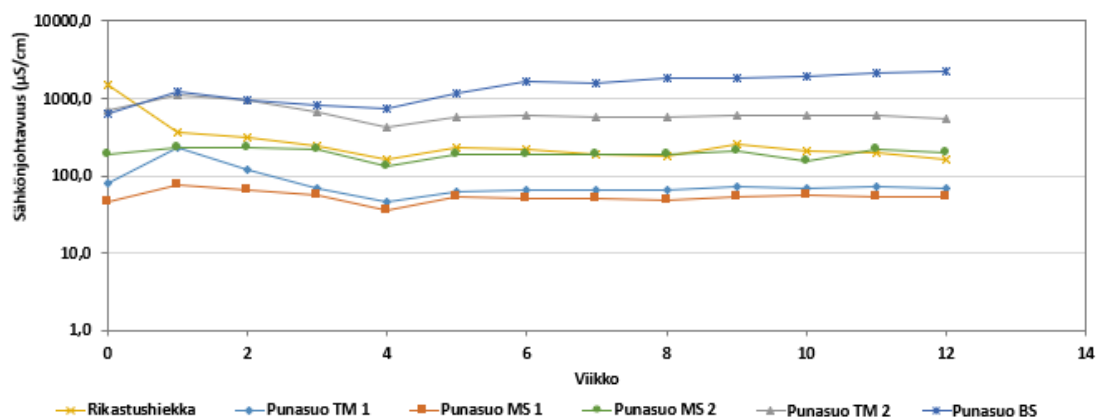
1.3 Kosteuskammiokokeen tulokset, sivukivet ja rikastushiekka

Aikasarjakuviin 1-1...1-48 on koottu keskeisten parametrien käyttäytyminen Punasuon sivukivinäytteiden sekä rikastushiekan kokoomanäytteen kosteuskammiokokeissa. Kemialliset peruskuvaajat ovat esitetty aikasarjakuvissa 1-1...1-15. Pääanionien ja -kationien kuvaajat ovat esitetty kuvissa 1-16...1-29. Kuvaajat hivenmetalleista ovat esitetty kuvissa 1-30...1-48.

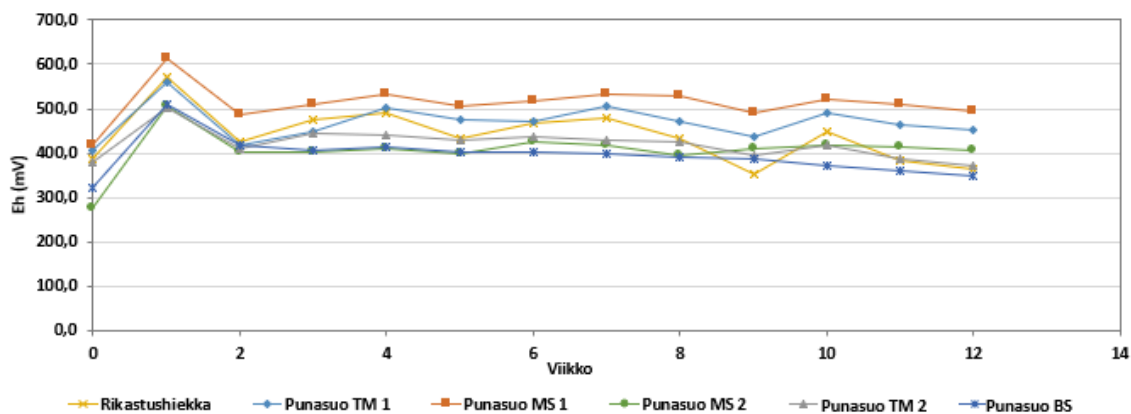
Kemialliset peruskuvaajat



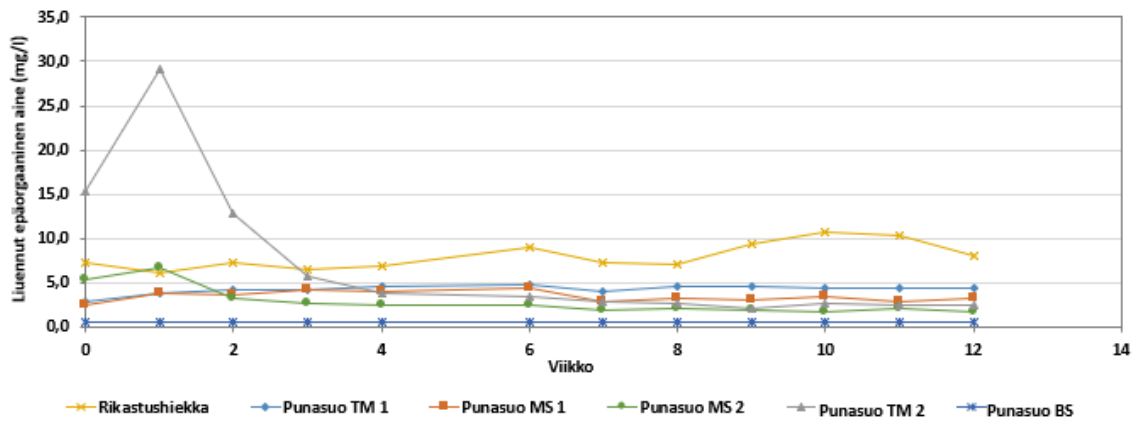
Kuva 1-1. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen pH (Geochemic Ltd 2024).



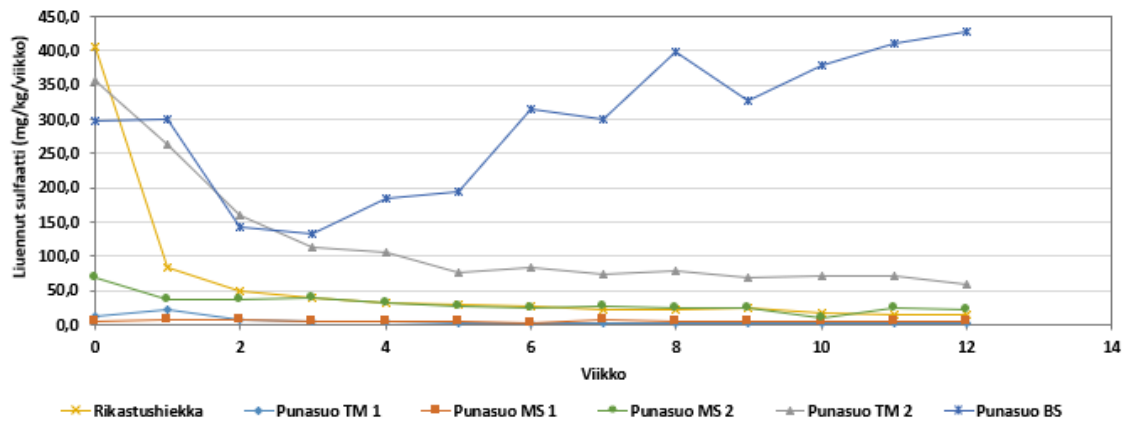
Kuva 1-2. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen sähkönjohtavuus (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



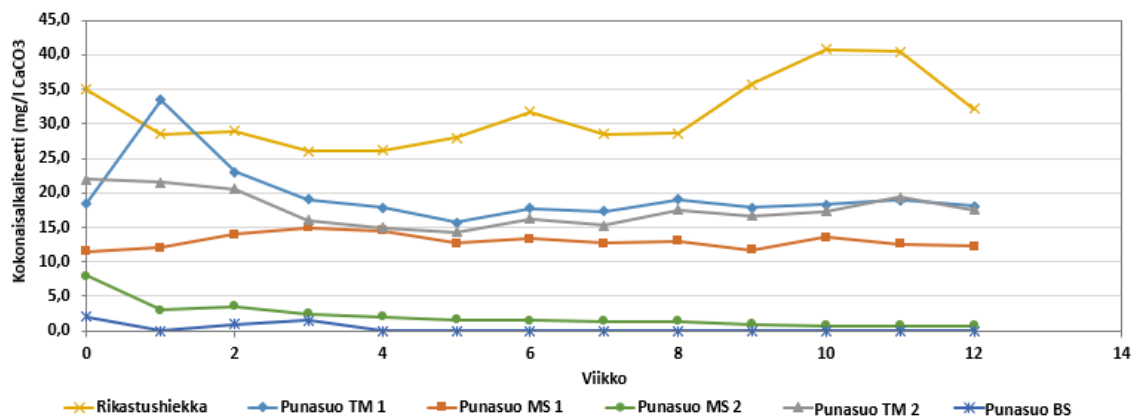
Kuva 1-3. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen hapetus-pelkistyspotentialiaali (Eh) (Geochemic Ltd 2024).



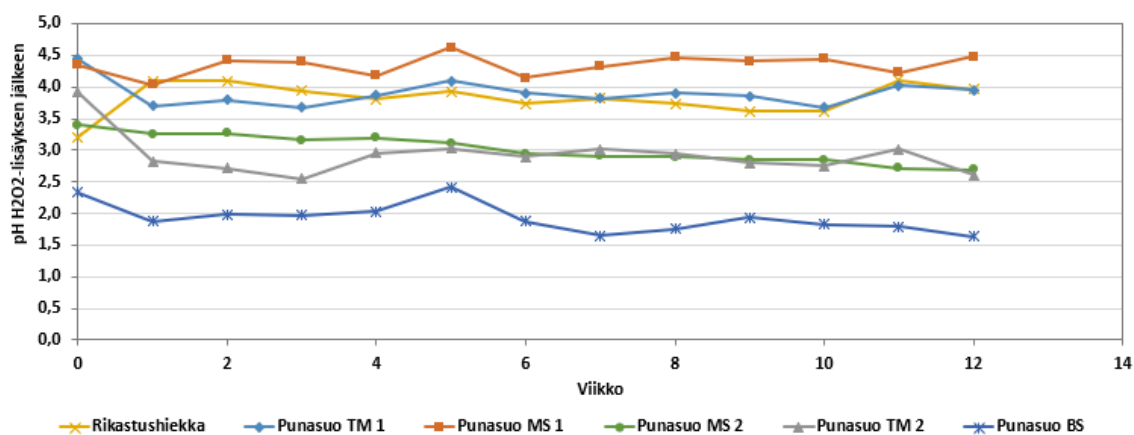
Kuva 1-4. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen liennut epäorgaaninen hiili (Geochemic Ltd 2024).



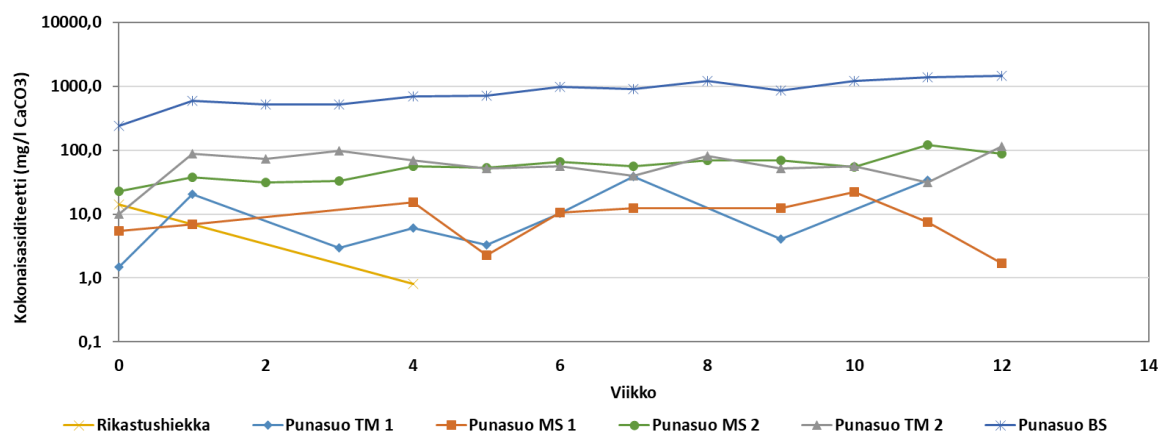
Kuva 1-5. Sulfaatin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



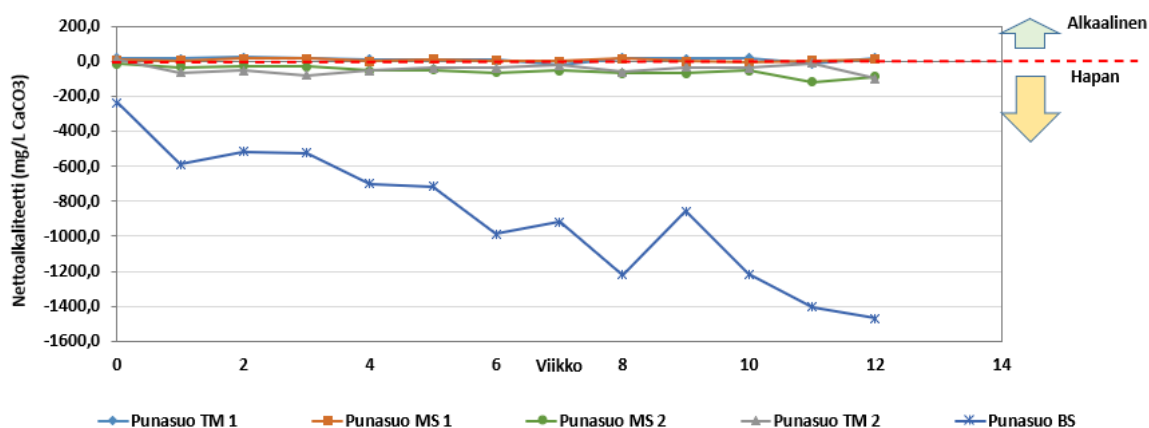
Kuva 1-6. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen kokonaisalkaliteetti (Geochemic Ltd 2024).



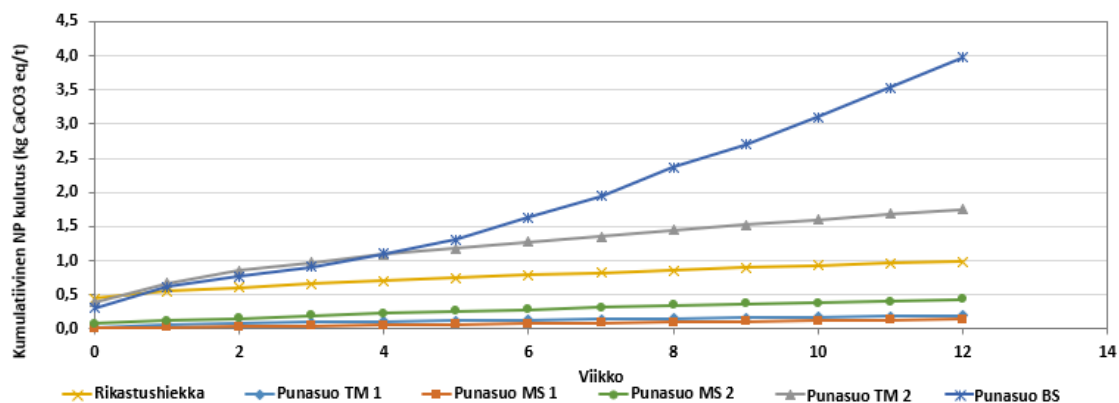
Kuva 1-7. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen pH H₂O₂ lisäyksen jälkeen (Geochemic Ltd 2024).



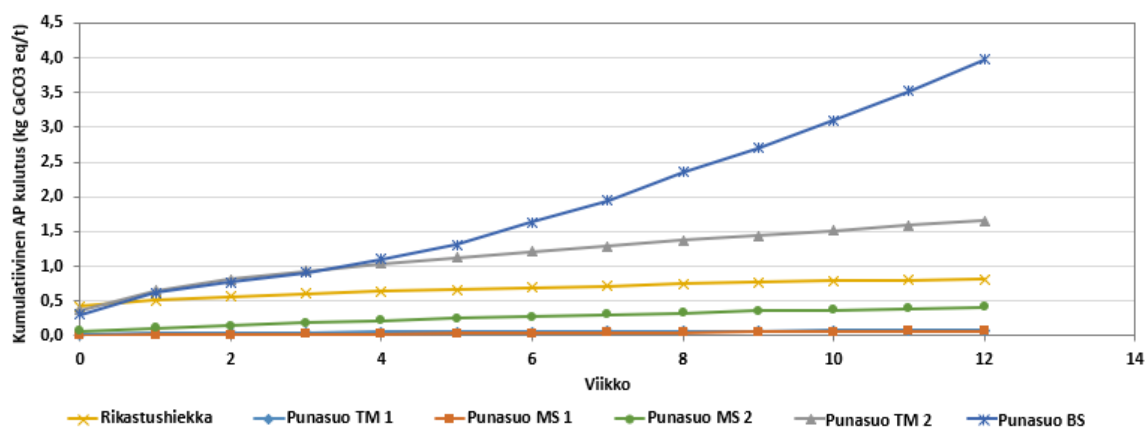
Kuva 1-8. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen kokonaisasiditeetti (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



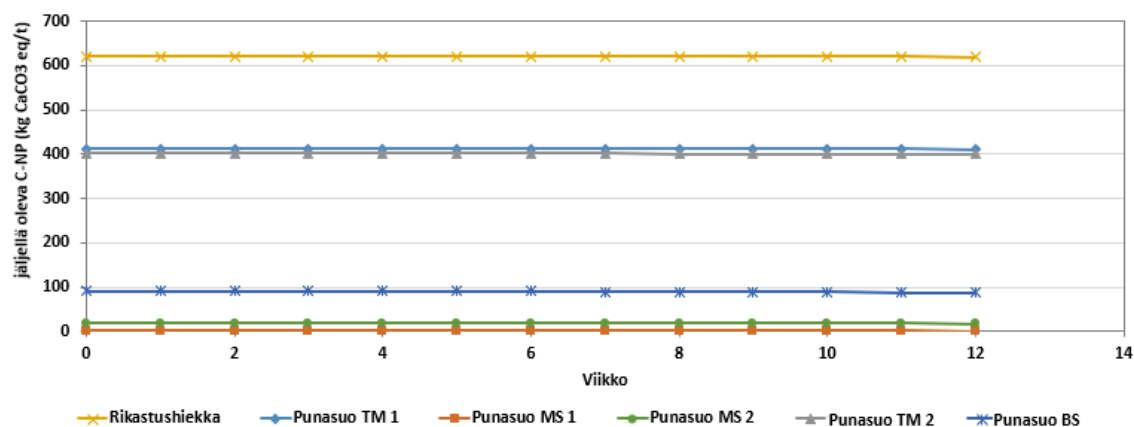
Kuva 1-9. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen nettoalkaliniteetti (Geochemic Ltd 2024).



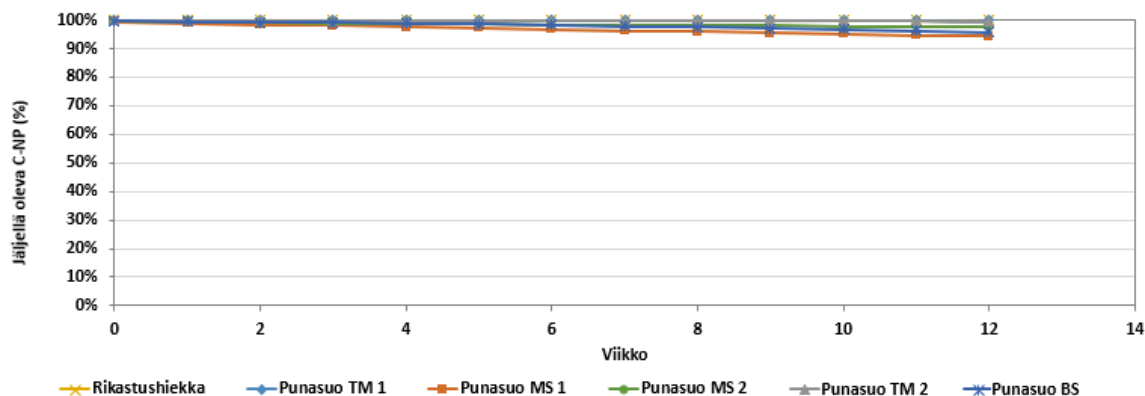
Kuva 1-10. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen neutralointikapasiteetin kumulinen (Geochemic Ltd 2024).



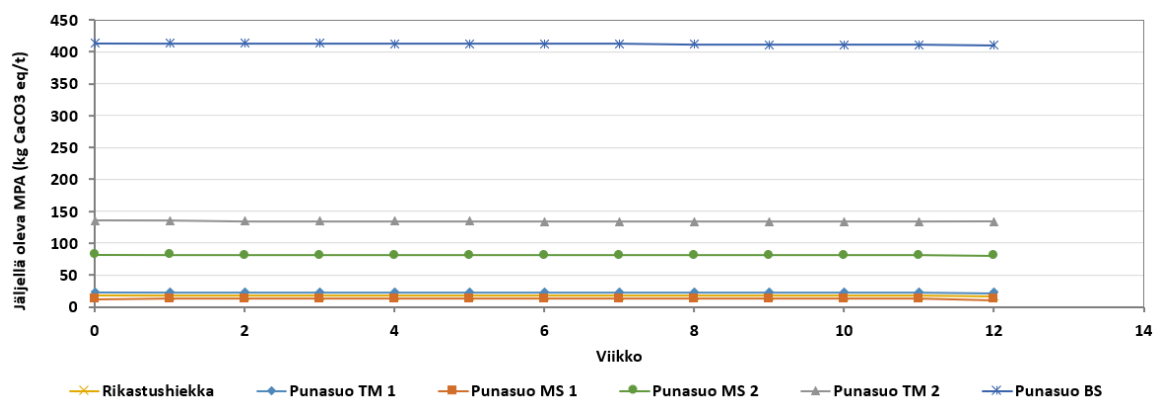
Kuva 1-11. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen hapontuottokapasiteetin kumulinen (Geochemic Ltd 2024).



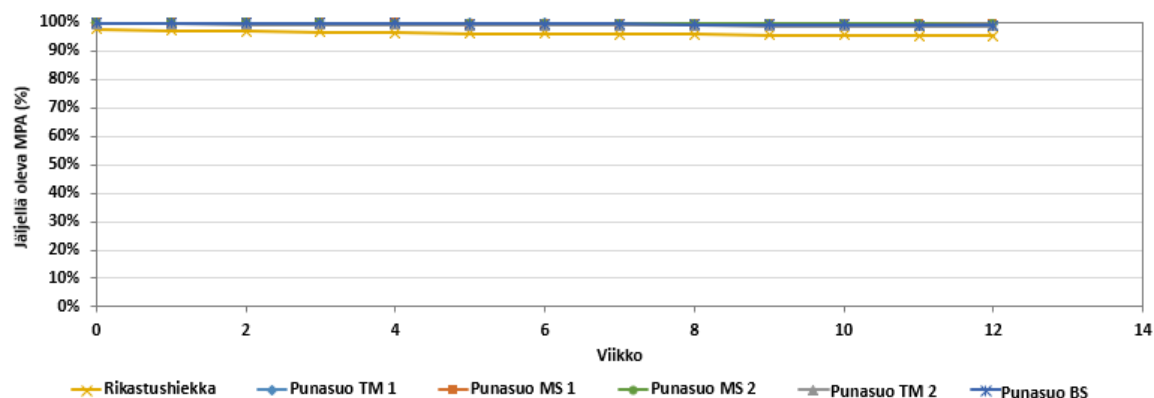
Kuva 1-12. Rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeen jäljellä oleva karbonaattinen neutralointikapasiteetti (Geochemic Ltd 2024).



Kuva 1-13. Rikastushiekkan ja sivukivien kosteuskammiokekeen jäljellä oleva karbonaattinen neutralointikapasiteetti prosentteina (Geochemic Ltd 2024).

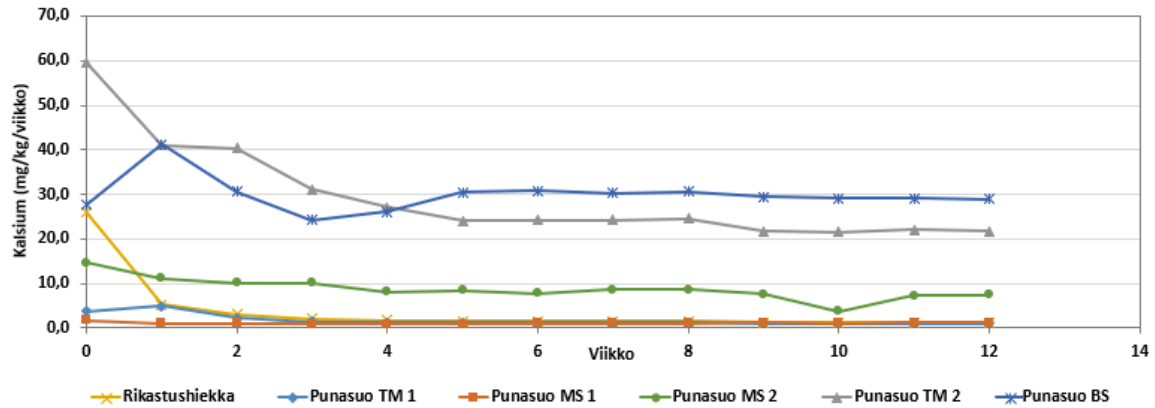


Kuva 1-14. Rikastushiekkan ja sivukivien kosteuskammiokekeen jäljellä oleva hapontuottokapasiteetti prosentteina (Geochemic Ltd 2024).

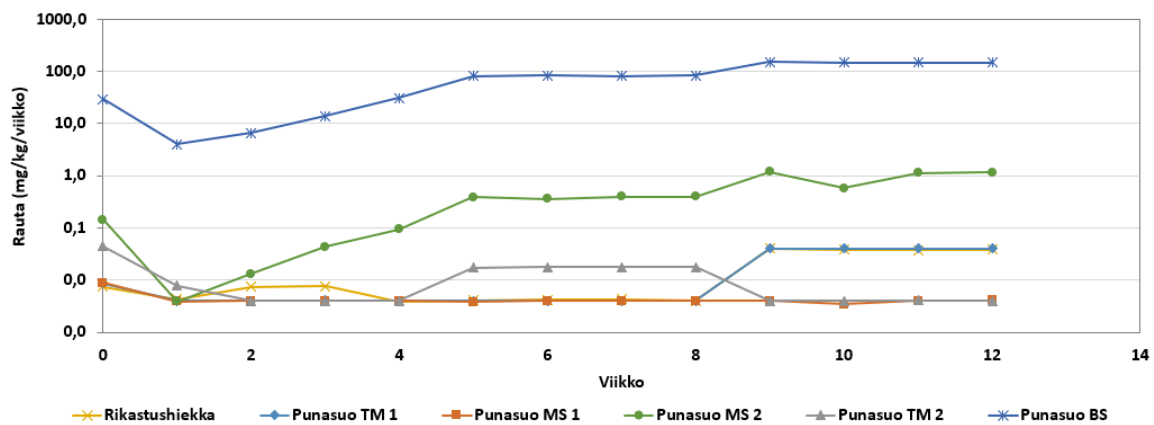


Kuva 1-15. Rikastushiekkan ja sivukivien kosteuskammiokekeen jäljellä oleva hapontuottokapasiteetti prosentteina (Geochemic Ltd 2024).

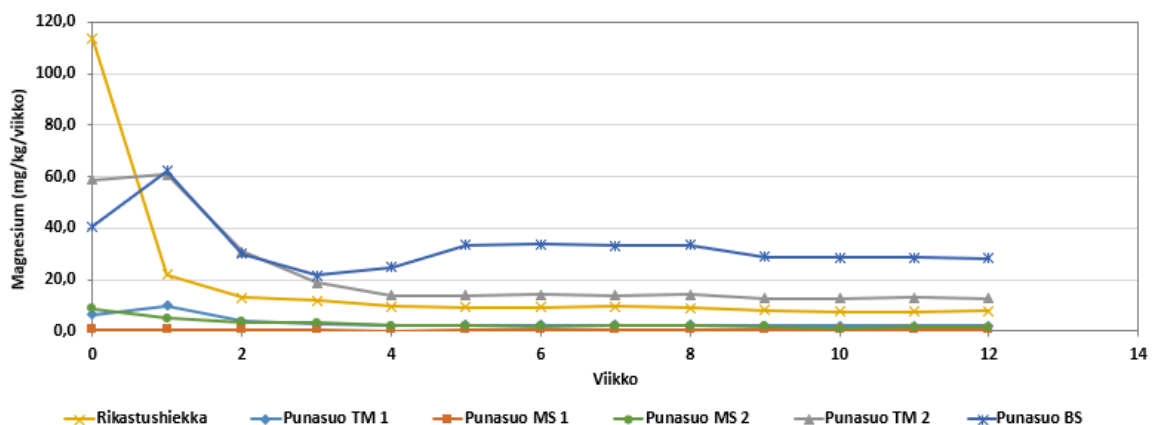
Pääanionit ja -kationit



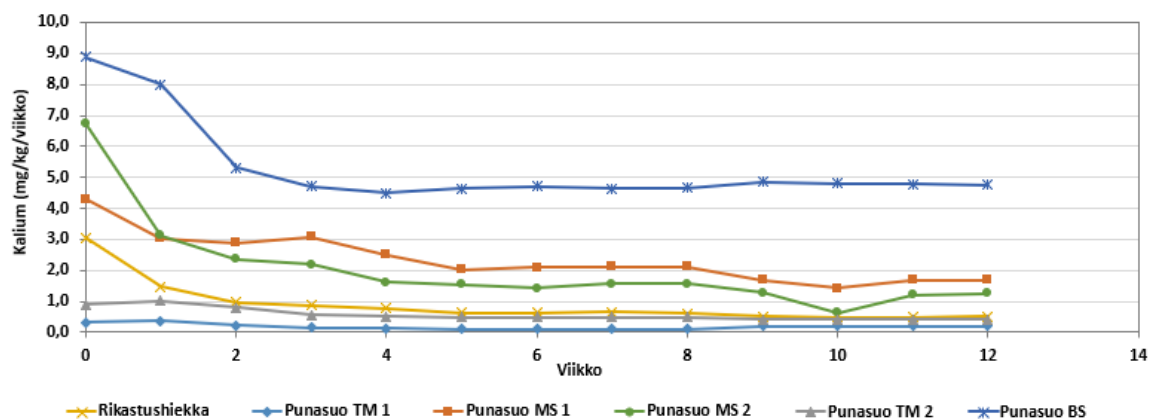
Kuva 1-16. Kalsiumin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



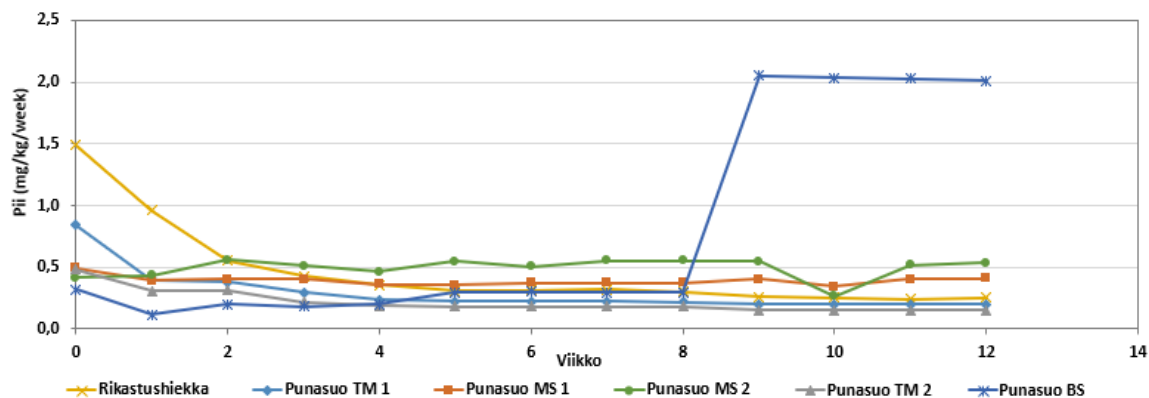
Kuva 1-17. Raudan vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



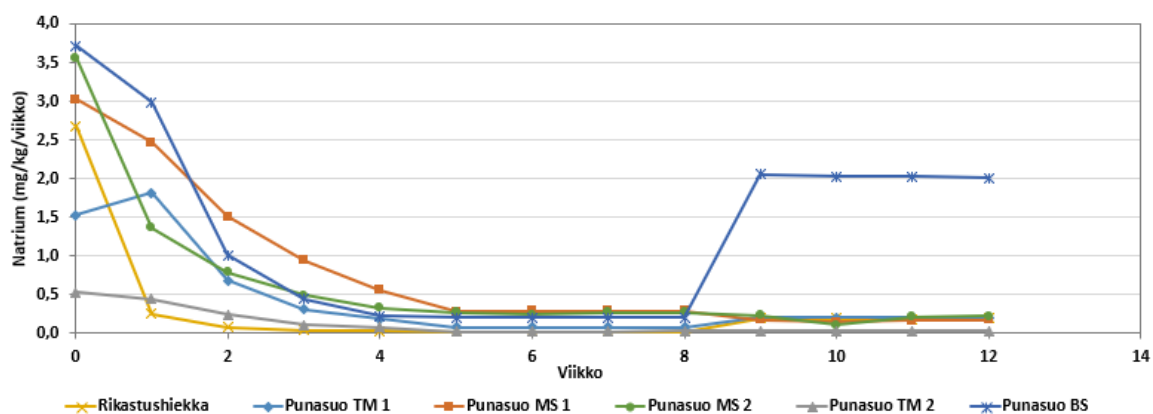
Kuva 1-18. Magnesiumin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



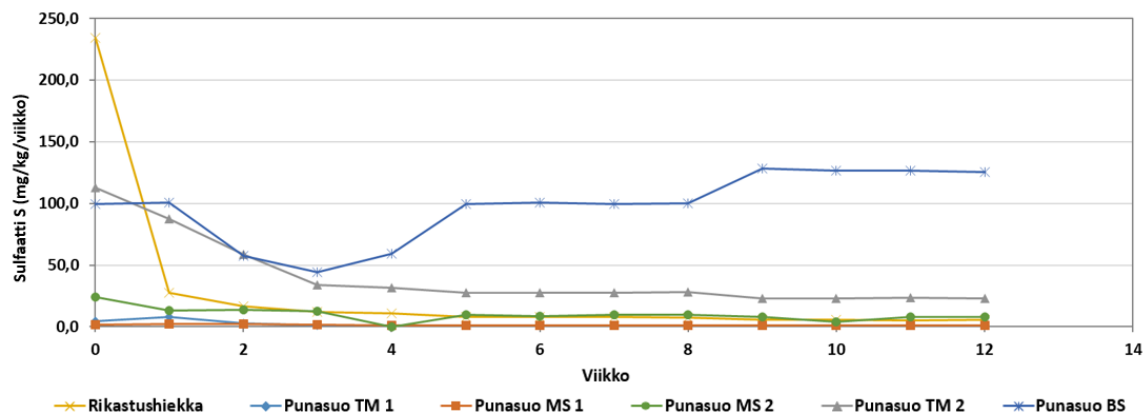
Kuva 1-19. Kaliumin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



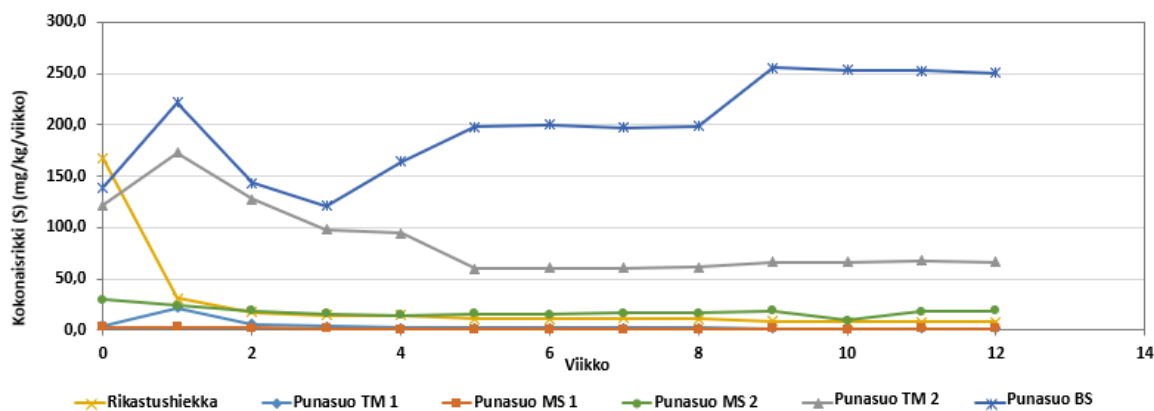
Kuva 1-20. Piin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



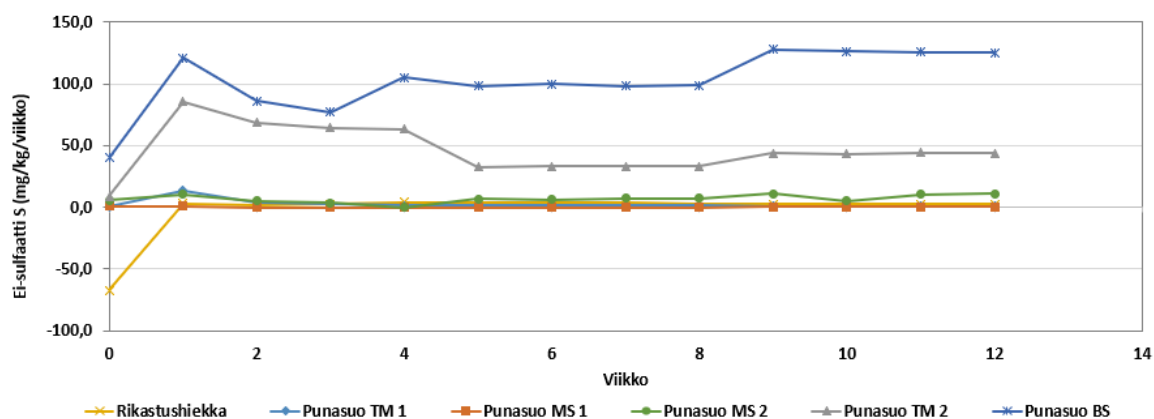
Kuva 1-21. Natriumin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



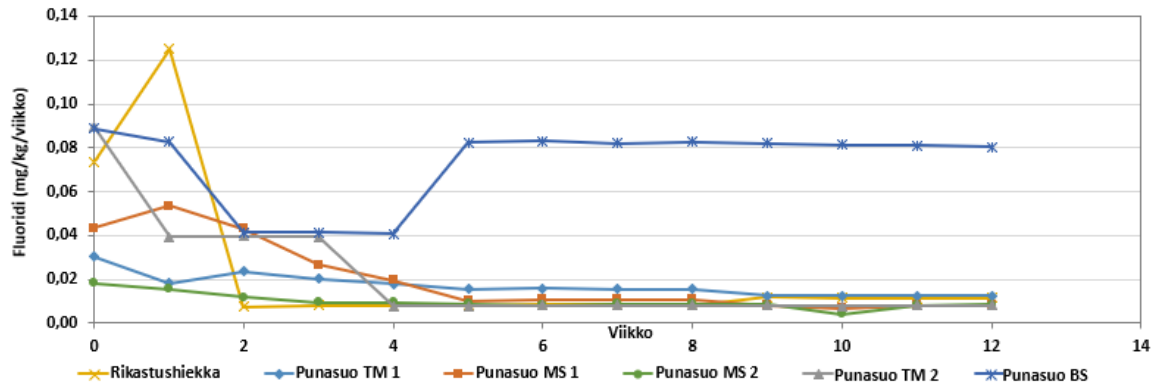
Kuva 1-22. Sulfaattisen rikin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



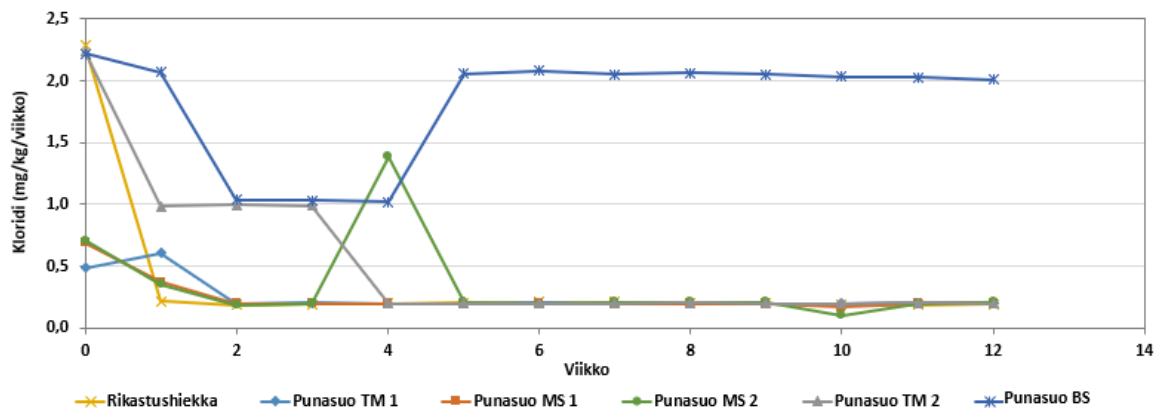
Kuva 1-23. Kokonaisriikin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



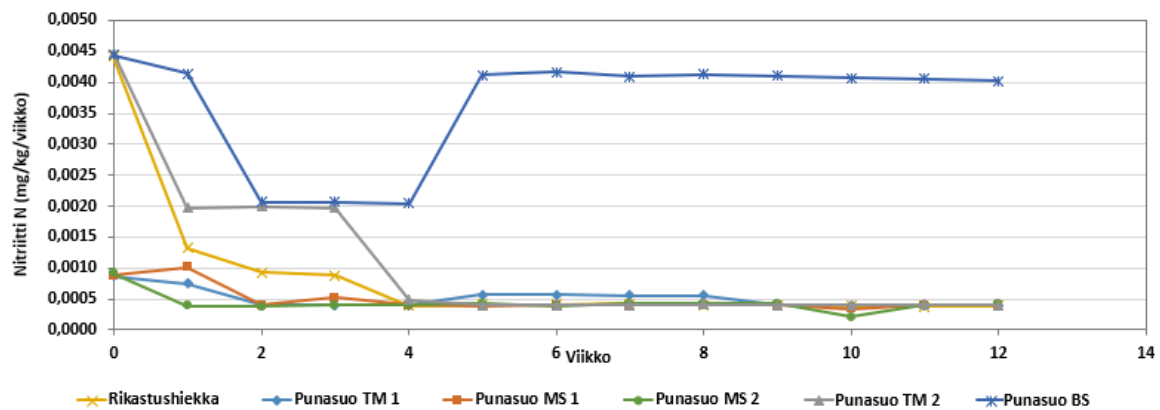
Kuva 1-24. Ei-sulfaattisen rikin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



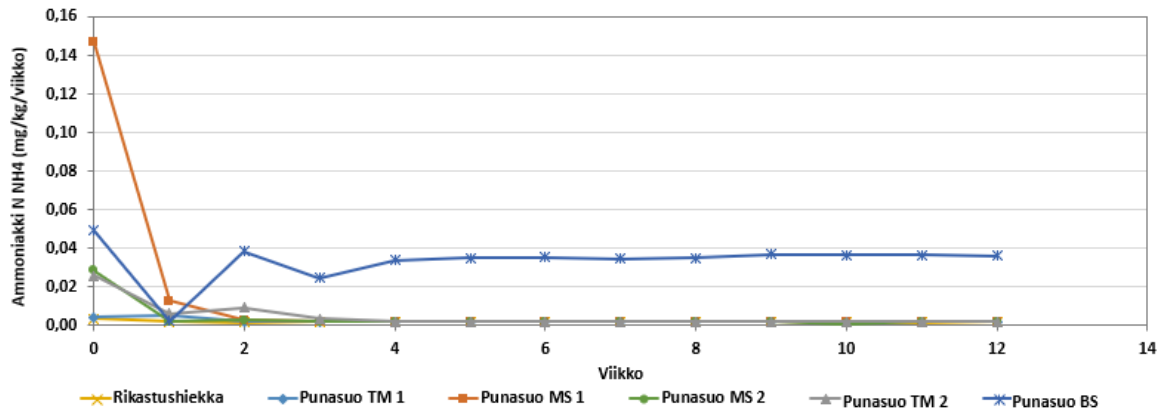
Kuva 1-25. Fluoridin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



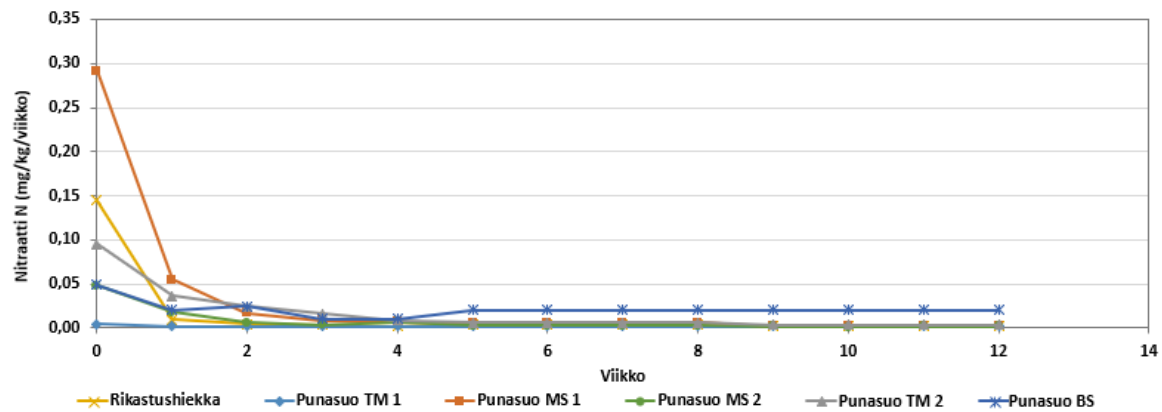
Kuva 1-26. Kloridin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



Kuva 1-27. Nitriittityypen vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).

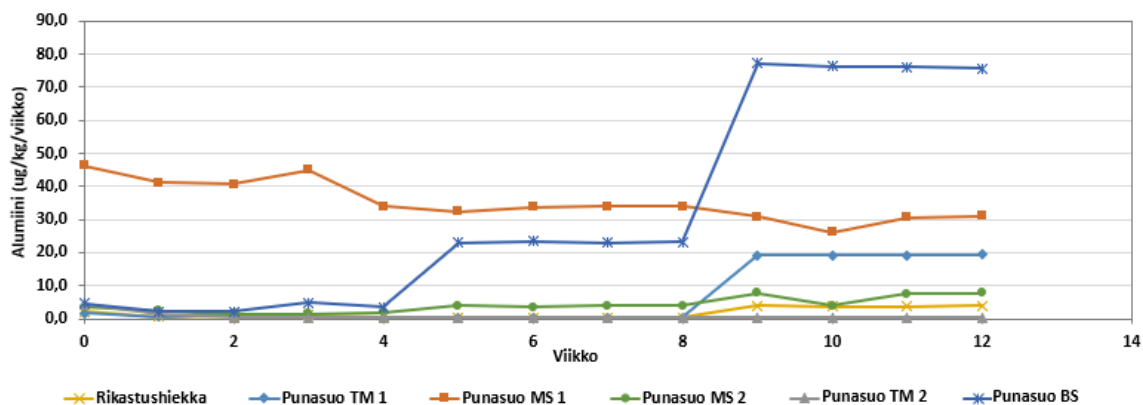


Kuva 1-28. Ammoniumtypen vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).

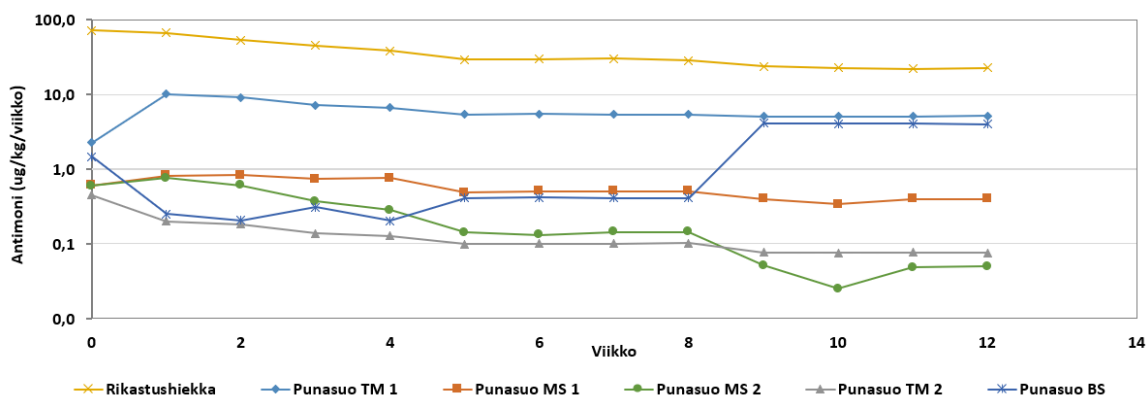


Kuva 1-29. Nitraattityypen vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).

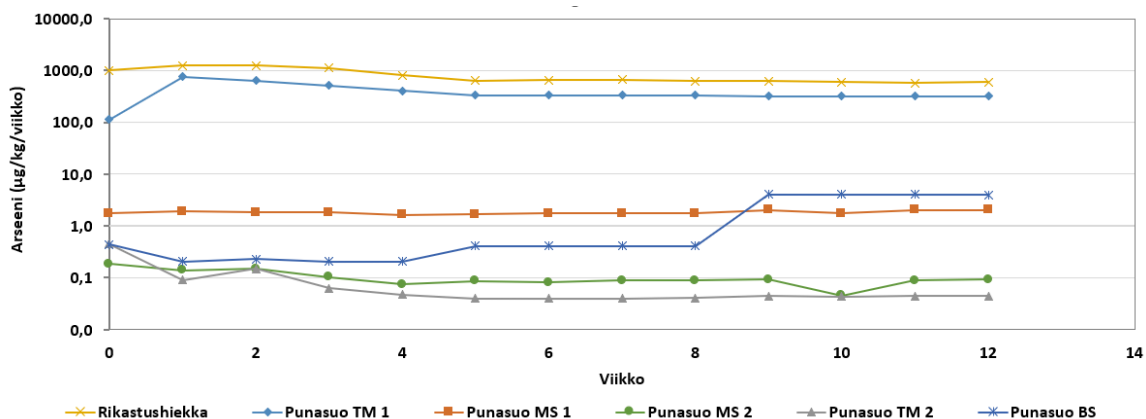
Hivenmetallikuvaajat



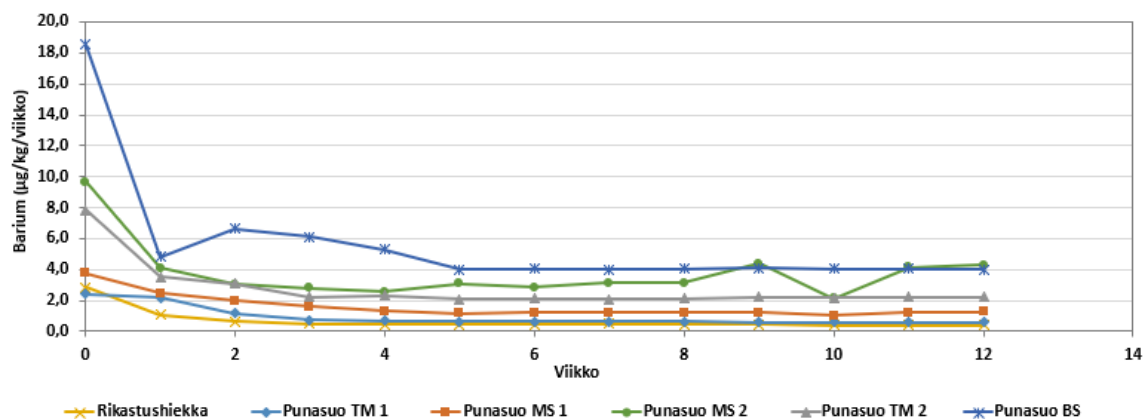
Kuva 1-30. Alumiinin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



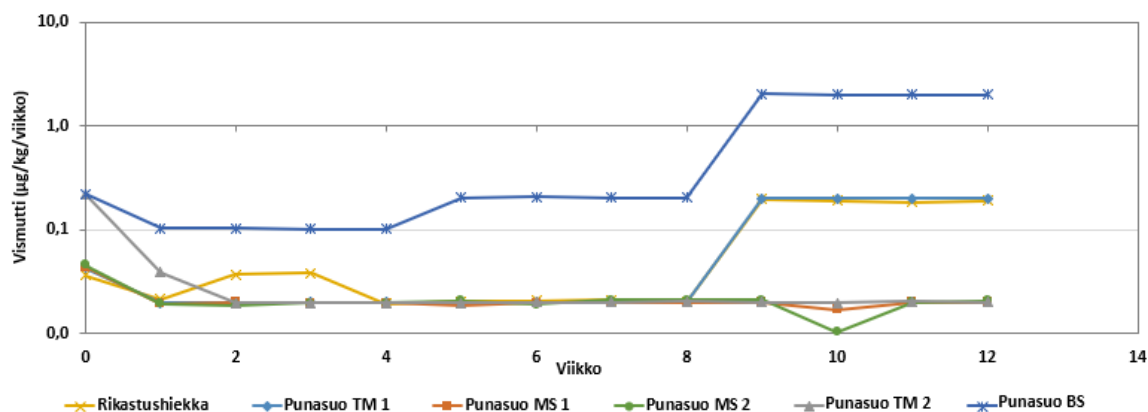
Kuva 1-31. Antimonin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



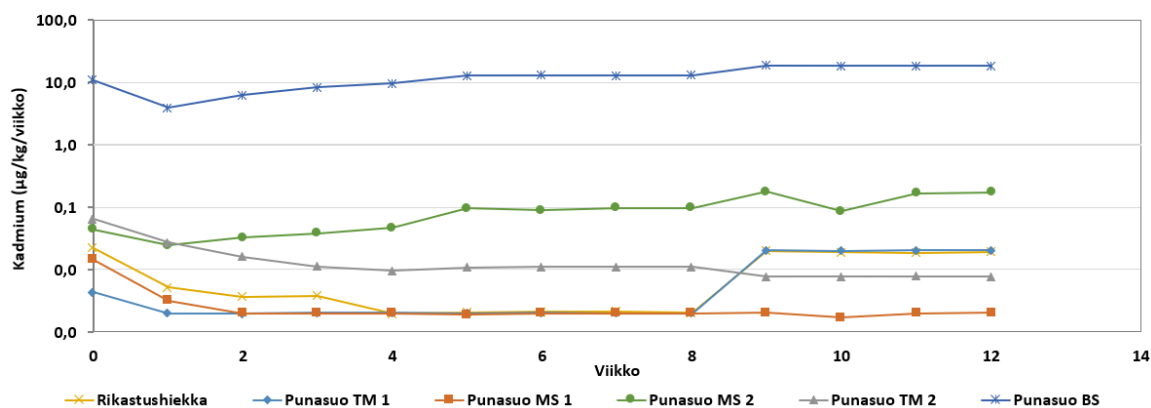
Kuva 1-32. Arseenin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



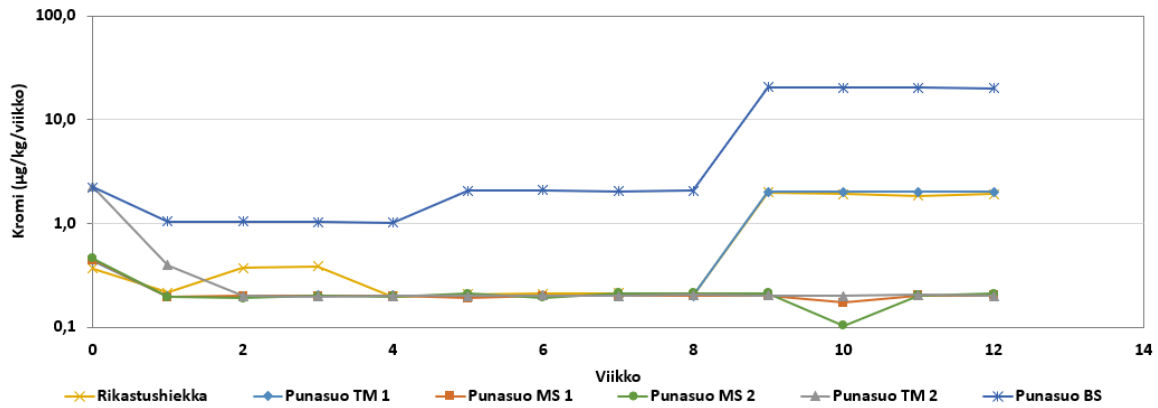
Kuva 1-33. Bariumin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokeessa (Geochemic Ltd 2024).



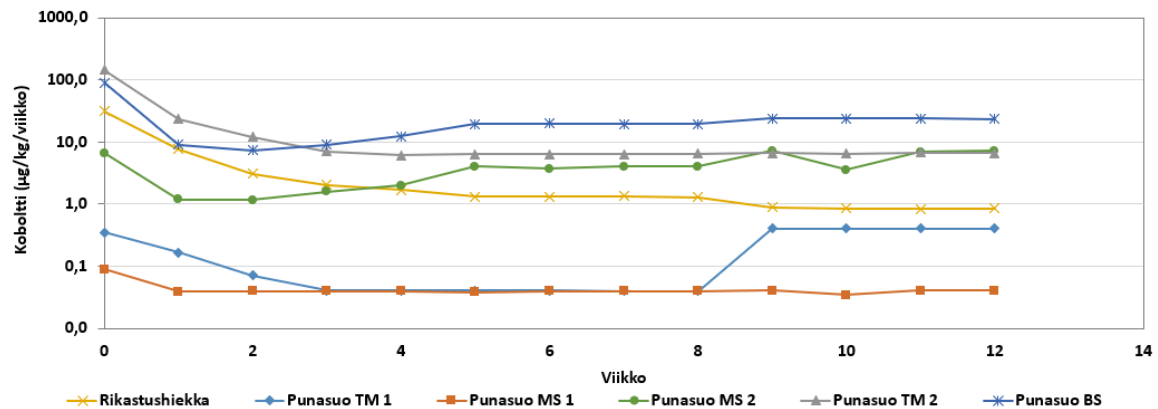
Kuva 1-34. Vismutin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



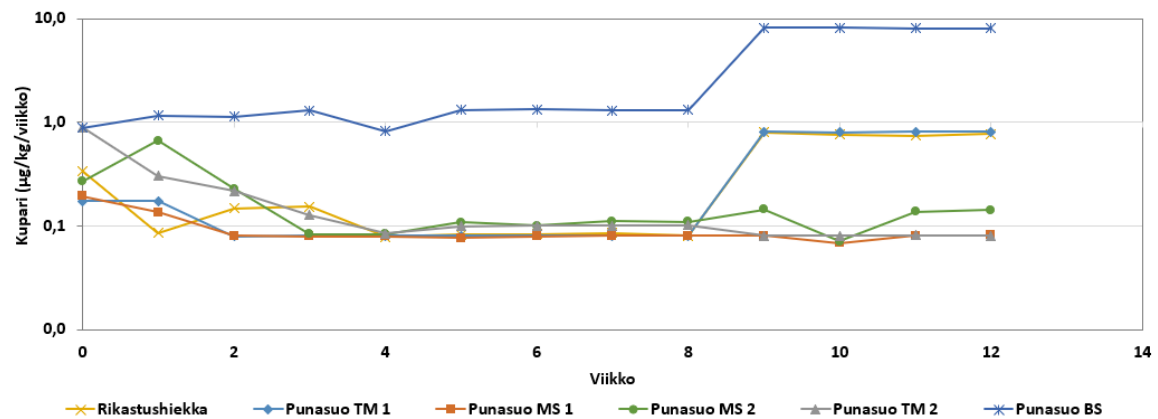
Kuva 1-35. Kadmiumin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



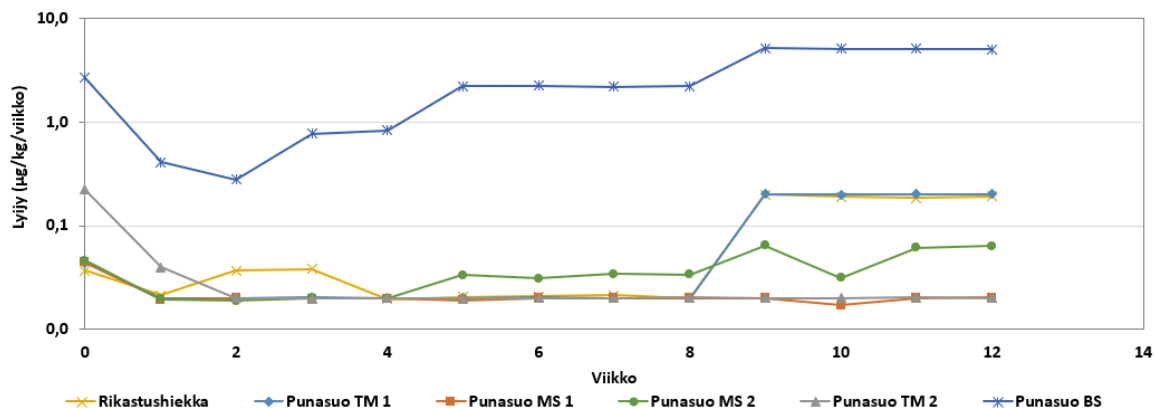
Kuva 1-36. Kromin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



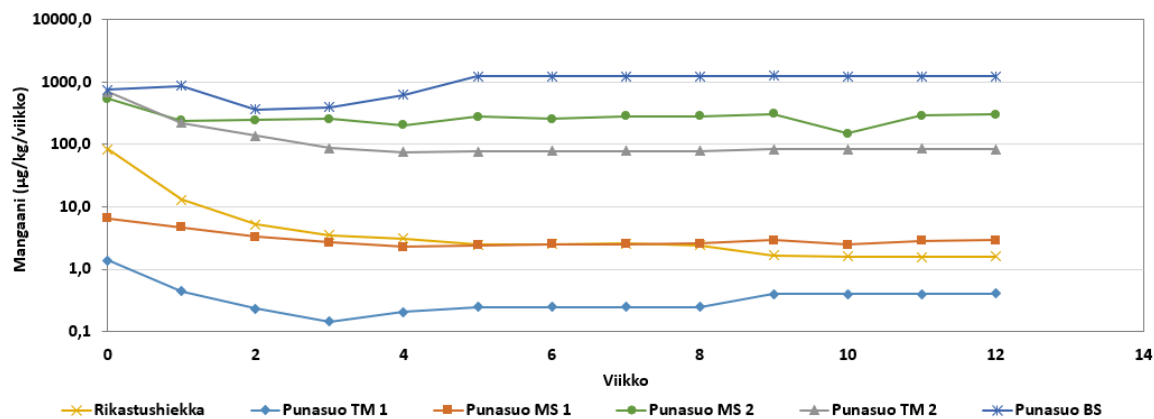
Kuva 1-37. Koboltin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



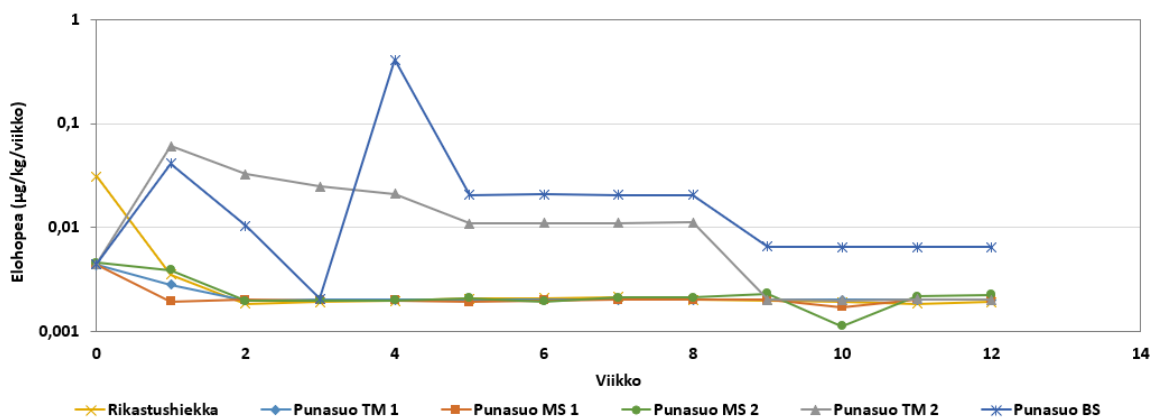
Kuva 1-38. Kuparin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



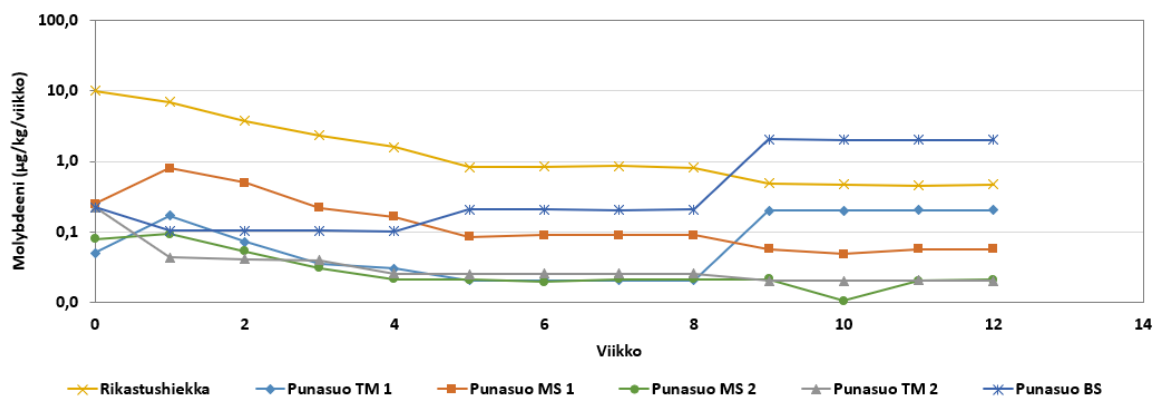
Kuva 1-39. Lyijyn vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



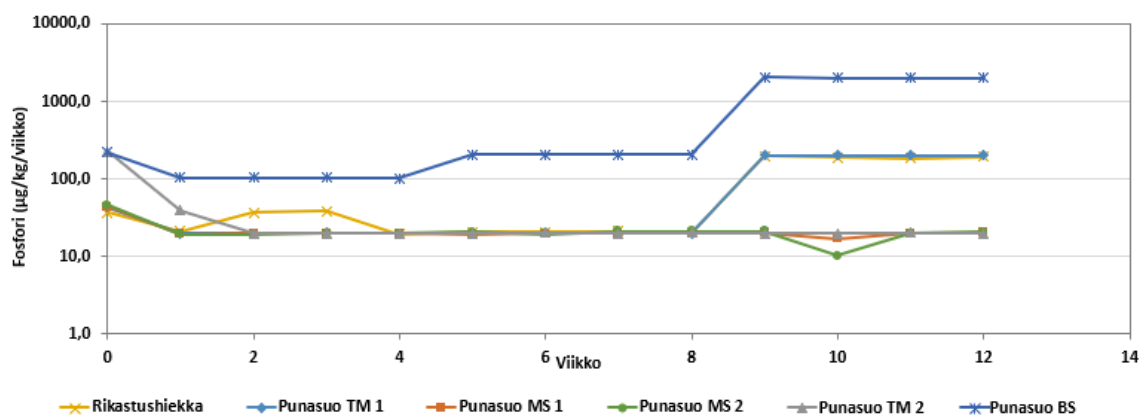
Kuva 1-40. Mangaanin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



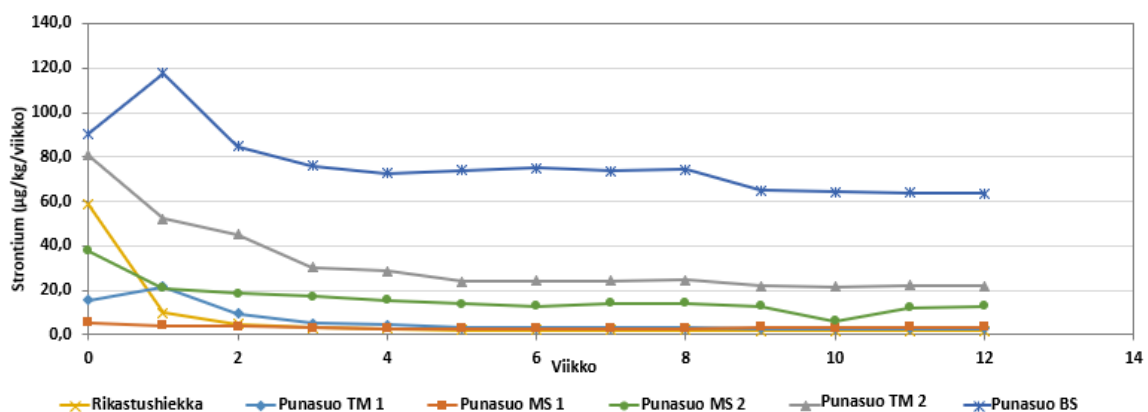
Kuva 1-41. Elohopean vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



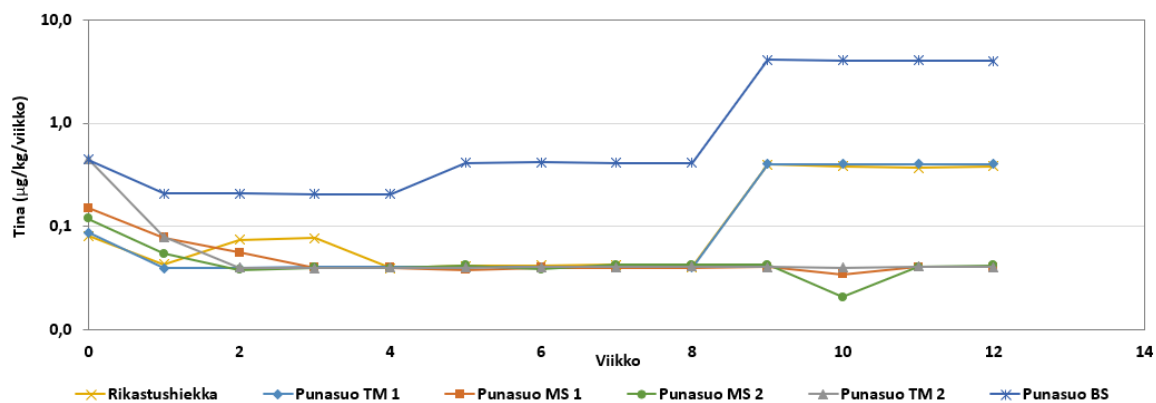
Kuva 1-42. Molybdeenin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



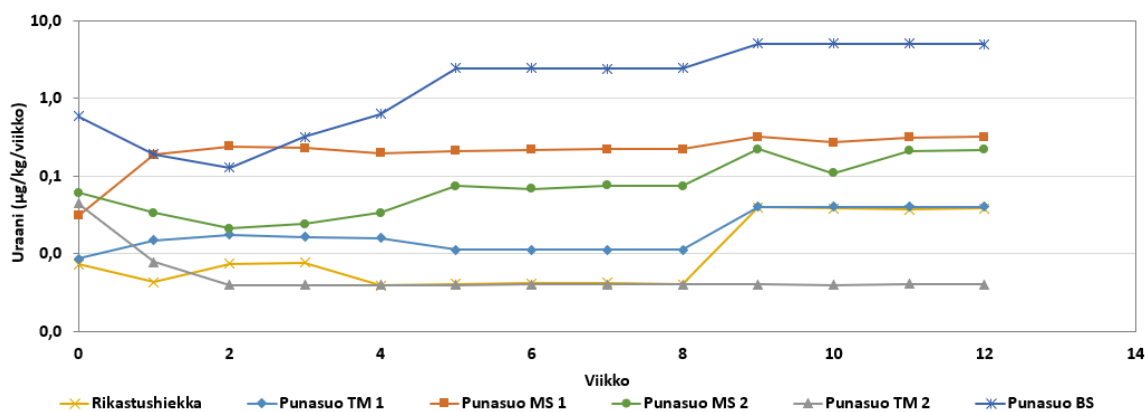
Kuva 1-43. Fosforin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



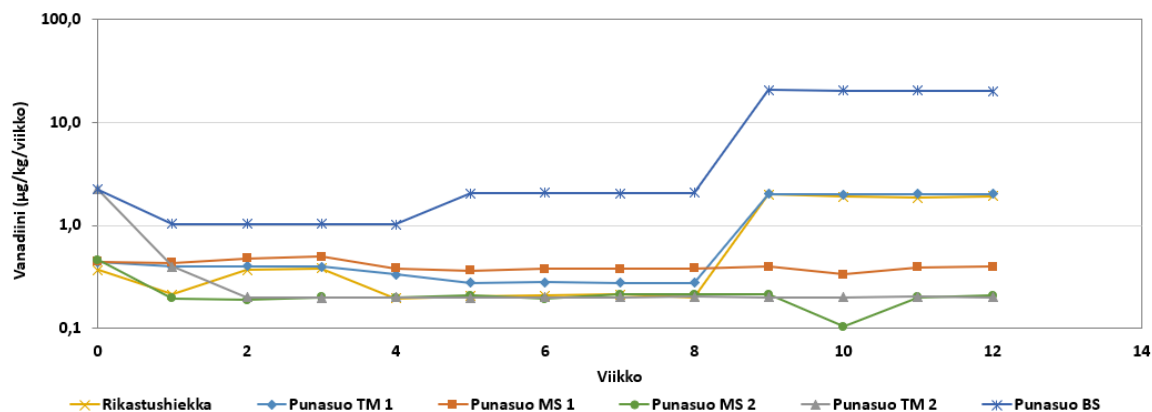
Kuva 1-44. Strontiumin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024).



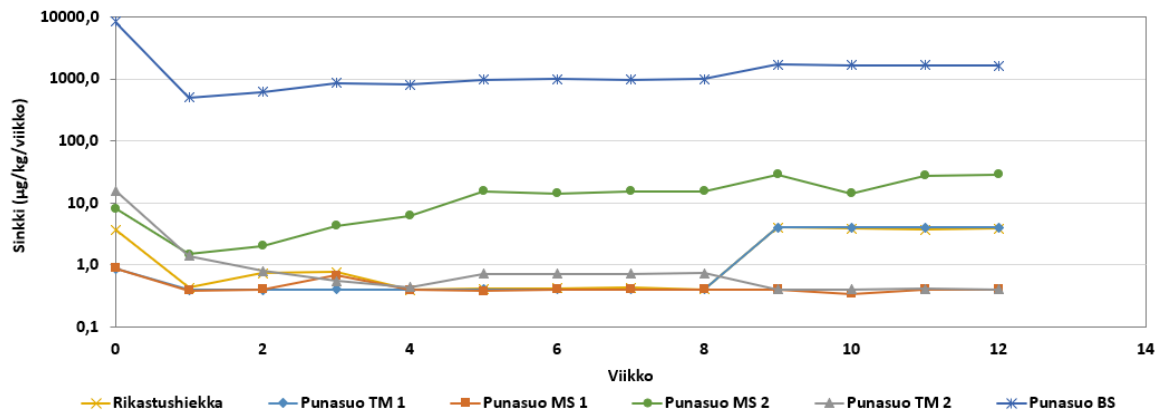
Kuva 1-45. Tina vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



Kuva 1-46. Uraanin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



Kuva 1-47. Vanadiinin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.



Kuva 1-48. Sinkin vapautuminen rikastushiekan ja sivukivien kosteuskammiokokeessa (Geochemic Ltd 2024). Huom. logaritminen asteikko.

2 Viitteet

Geochemic Ltd. 2024. Humidity Cell Testing: ASTM D 5744-18 Humidity Cell Testing. Project GCL0182 - Issue 2. Date 7.10.2024.

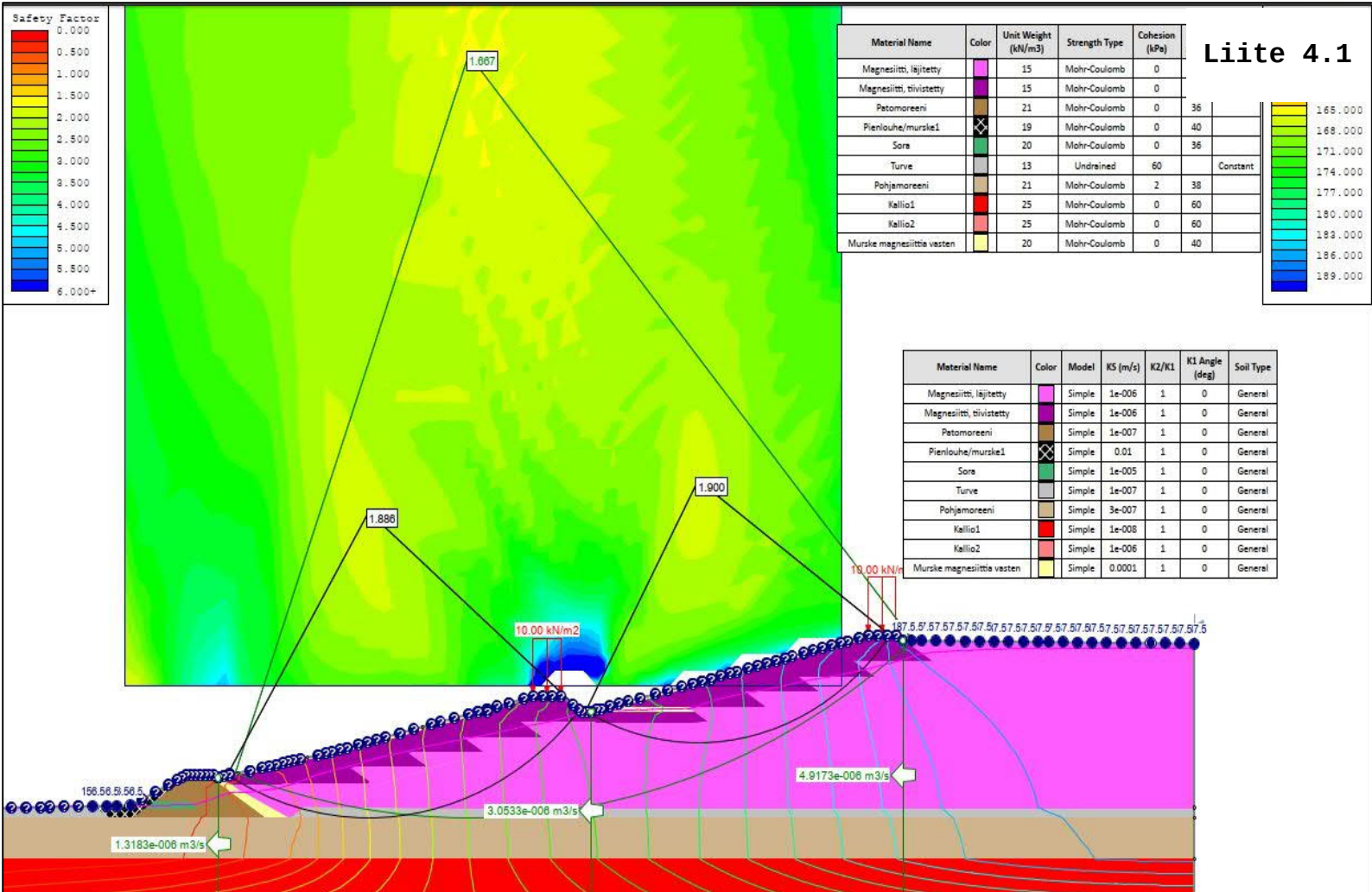
BAT-näkökohta		Toiminnan vastaavuus Elementisin Sotkamon kaivoksella
Yleiset päätelmät		
BAT1	1a. Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmä 1b. Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä (EMS).	Elementis Minerals B.V.:llä on myös kaivostoiminnan kattava sertifioitu ympäristöasioiden hallintajärjestelmä ISO 14001. Yritys hoitaa ympäristöasiat sertifioitujen käytäntöjen mukaisesti. Kaivostoimintaa varten valittavat urakoitsijat velvoitetaan myös tutustumaan tähän hakemukseen
BAT2	Alustava kaivannaisjätteiden karakterisointi.	Päätöksen 2009/359/EC mukainen pysyvä/ei-pysyvä jätteen määrittely on suoritettu sivukiville ja rikastushiekalle BATin mukaisesti. Jätteen luokittelu ja vaaraominaisuuksien arviointi on tehty jätehuoltosuunnitelmaa varten.
BAT3	Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraaminen ja varmentaminen.	Sivukiviä, rikastushiekkaa ja tarvittaessa myös maanpoistomaita tarkkaillaan tarkkailuohjelman mukaisesti.
BAT4	4a. Kaivannaisjätealueiden sijaintivaihtoehtojen tunnistaminen 4b. Kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen tunnistaminen.	Alueella on ollut kaivostoimintaa vuodesta 1968 lähtien ja läjitysalueiden sijainnit on päätetty historiassa. Vaihtoehtoiseksi läjityspaikaksi myöhemmin on tunnistettu avolouhos (4a).
BAT5	5a. Vaarojen ja riskitekijöiden tunnistaminen 5b. Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi.	Sivukiven läjitysalueelle ei ole rakennettu pohjarakenteita 1960-luvun käytäntöjen mukaisesti. Sivukivialueen riskit on kuitenkin myöhemmin tunnistettu ja peittorakenteella pyritään minimoimaan riskit. Toimintavaiheessa suotovedet pyritään keräämään mahdollisimman tarkasti käsittelyyn ja Lahnaslampeen.
BAT6	Kiinteiden kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäiseminen hyödyntämällä sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvia kaivannaismateriaaleja: 6a. esilajittelu ja valikoiva käsittely, 6b. sijoittaminen kaivostäyttöön, 6c. muu käyttö kaivosalueella tai sen ulkopuolella.	Sivukiven määrä pyritään minimoimaan louhinnan suunnittelun avulla. Kiilleliusketta käytetään hyödyksi alueen infrastruktuurin rakentamisessa ja ylläpidossa (BAT6c).
BAT7	7a. Malminetsinnässä muodostuvien kaivannaisjätteiden hallinta 7b. Kaivannaisjätteiden lajittelu ja valikoiva käsittely	Hyödynnettävissä oleva kiilleliuske käytetään rakentamisessa (7b). Rikastushiekka pidetään omana jakeenaan, jotta rikastushiekkaa voidaan kysynnän mukaan myydä.
BAT8	Nestemäisen kaivannaisjätteen vähentäminen öljy/kaasutoimialalla	<i>Ei relevantti</i>
BAT9	Öljy/kaasutoimialan erilaisten kaivannaisjätteiden määrän minimointi	<i>Ei relevantti</i>
BAT10	Jätteen uudelleen käsittely. Mikäli teknis-taloudellisesti ja ympäristöllisesti mahdollista, kaivannaisjätettä käsitellään, jotta siitä saadaan talteenotettava hyödyntämiskelpoiset osat.	Nykyisellään ei ole teknistaloudellisesti mahdollista käsitellä sivukiviä ja rikastushiekkaa raaka-aineeksi. Kiilleliusketta käytetään hyödyksi alueen infrastruktuurin rakentamisessa ja ylläpidossa, ja rikastushiekkaa myydään kysynnän mukaan tuotteeksi.
Riskiperusteiset		
BAT11	Toiminnan suunnittelu sulkeminen huomioiden. Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rakenteen suunnittelussa pyritään sulkemisen haasteiden ennakointiin niin, että ympäristönsuojelurakenne on toimiva myös jälkihoitovaiheessa.	Sulkemisen jälkeinen suotovesilaatu läjitysalueilta on mallinnettu. Sulkemisen jälkeen sivukivialueen peittorakenne rajoittaa veden pääsyä, jolloin suotovesimäärät pienenevät oleellisesti. Rikastushiekka-alueen pinta-alasta >70 % on liuskaa, joka edistää pintavaluntaa peittorakennetta pitkin ja vähentää maltillisesti vuotuista rikastushiekkaan pääsevää veden määrää.
BAT12	Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakauden varmistamiseksi tulee käyttää: 12a. Laadunvarmistus ja laadunvalvontajärjestelmät, 12b. Muutosten hallinta, 12c. OSM-käsikirja, 12d. Toimenpiteet onnettomuuksien lieventämiseksi sisältäen pelastussuunnitelman.	Rikastushiekka-altaan patojen rakentamistöitä valvotaan, jotta varmistutaan siitä, että rakenteet rakennetaan suunnitelmien mukaisesti. Rakentamistyöt sekä mahdolliset poikkeamat suunnitelmiin nähden dokumentoidaan.
BAT13	Kaivannaisjätteen sijoitusaluetta tukevan maapohjan geoteknisten ominaisuuksien selvitys.	Alueella on ollut kaivostoimintaa vuodesta 1968 lähtien ja läjitysalueiden sijainnit on päätetty historiassa. Sivukivialueelle ei ole tehty pohjatutkimuksia. Pohjatutkimuksia on tehty Papinlammen patolinjoille.
BAT14	Padon rakentamista varten tarvittavien materiaalien kelpoisuusvaatimusten määrittäminen kaivannaisjätteen geotekniset ominaisuudet ja ympäristökelpoisuus huomioiden.	Papinlammen korotusten suunnittelussa on huomioitu pohjatutkimukset, patomateriaali, padon ja pohjan rakenne, alkupadon ja korotusten rakenne, rakenteen tarkkailu sekä rikastushiekan stabiilitetti ja geotekniset ominaisuudet.
BAT15	Kaivannaisjätealueissa, joissa patojen tulee pidättää vettä tai muuta nestemäistä ainesta, vakauden varmistamiseksi tulee käyttää: a. Nesteitä ja nestemäisesti käyttäytyviä aineita pidättävien rakenteiden tekniikkaa ja b. Vettä läpäisemättömän pohjarakenteen rakennusmenetelmät.	15a) Pato on suunniteltu heikosti vettäjohtavaksi. Tasojen +178 - +181 välissä on vaakasuodatin sekä oja suotovesipinnan alentamiseksi.
BAT16	Allasmaisille kaivannaisjätteen sijoitusalueille, joissa on kiinteitä ja vesipitoisia jätteitä, patoihin liittyvät tekniikat ovat a. aloituspadon rakentaminen, b. & c. Ylävirtaan- tai alavirtaan korottaminen, d. Korottaminen keskilinjaa muuttamatta, e. yhdistelmäpohjarakenne tai f. heikosti vettä läpäisevä luonnollinen maaperäpohjarakenne	Papinlammen rikastushiekka-altaan patoja korotetaan ylävirtaan korottamalla (16b)
BAT17	Tekniikat maan päälle rakennettavien kiinteän jätteen sijoitusalueille ovat 17a. Alhaalta ylöspäin rakentamismenetelmä: kerrospengerrys, nouseva rakenne, 17b. vastakohtana päätypengerrys, laskeutuva rakenne, 17c. yhdistelmä pohjarakenne ja/tai 17d. heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne luonnonmaasta.	Sivukivialuetta ei enää täytetä.

BAT-näkökohta		Toiminnan vastaavuus Elementisin Sotkamon kaivoksella
BAT18	Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita: 18a. Vesitase (kokonaisvesitaseen ja ainetaseen laskenta) 18b. Vesienhallintasuunnitelma	18a) Kaivoksen ja tehtaan vesitasetta seurataan jatkuvasti mm. altaiden vedenkorkeuksia, pumpppujen tuottoa sekä putkistojen ja purkupisteiden virtaamamittauksia hyödyntäen. Mitoitussadantana on käytetty kerran 1000 vuodessa toistuvaa 1 vrk:n maksimisadantaa 160 mm, johon on lisätty 20 % arvio ilmastomuutoksen vaikutuksesta. Mitoitussadanta on arvioitu Ilmatieteen laitoksen raportin "Patoturvallisuuden mitoitusadannat. Suomen suurimpien 1, 5 ja 14 vrk:n piste- ja aluesadantojen analysointi vuodet 1959-1998 kattavasta aineistosta". Altaille on määritetty HW-tasot ja hätä-HW tasot. Lahnaslammen avolouhosta voidaan poikkeuksellisissa sadantatilanteissa käyttää lisätilavuutena vesienhallinnassa. 18b) Vedet kootaan hallitusti läjityksistä.
BAT19	Mitoitustulva	Suunnittelussa on huomioitu BAT-kohdan edellyttämä mitoitustulva, 1/1000 vuotta.
BAT20	Tekniikoissa kuvataan vapaan veden hallintaa patoaltaissa. Hallintakeinoja ovat (a-e) vedenpoistojärjestelmät, (f) padon vähimmäisetäisyys vapaaseen veteen, (g) riittävä kuivavara ja (h-i) hätäjuoksutusratkaisut.	Rikastushiekka-altaan vesitasetta seurataan ja vedenpintaa pidetään hallinnassa. Altaan vapaan veden eli ns. ylitevesien poisto ja vesipinnan säätely tapahtuu dekantointikaivolla. Rikastushiekka beachin pituus maksimoidaan.
BAT21	Tekniikat kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi ovat 21a. patojen ja altaiden kuivatusjärjestelmät ja/tai 21b. maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät.	21a) Tasojen +178 - +181 välissä on vaakasuodatin sekä oja suotovesipinnan alentamiseksi. Altaan vapaan veden eli ns. ylitevesien poisto ja vesipinnan säätely tapahtuu dekantointikaivolla. 21b) Sivukivialueen ympärillä on suotovesiojat.
BAT22	Kaivannaisjätteen sijoitusalueen geotekniset analyysit 22a. Geotekniset analyysit altille ja padoille 22b. Geotekniset analyysit maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille.	22a) Papinlammen korotusten suunnittelussa on huomioitu pohjatutkimukset, patomateriaali, padon ja pohjan rakenne, alkupadon ja korotusten rakenne, rakenteen tarkkailu sekä rikastushiekan stabiliteetti ja geotekniset ominaisuudet. 22b) Sivukivialueen reunaliuskat on muotoiltu ympäristölupamääräyksen mukaisesti kaltevuuteen 1:3
BAT23	Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu: Pyritään hallitsemaan altaiden, patojen, maan päälle rakennettujen kiinteän jätteen sijoitusalueiden, padon tai jätealueen suotovirtauksien, kuivatusvesien, maaperään tai pohjaveteen suotautuvien vesien sekä koko vesienhallinnan käyttäytymistä.	Patoja tarkkaillaan patoturvallisuusviranomaisen hyväksymän patotarkkailuohjelman, patoturvallisuuslain ja patoturvallisuusoppaan mukaisesti. Tarkkailussa huomioidaan mm. sääolot, routiminen, painumat ja muut mahdolliset poikkeamat läjityksessä.
BAT24	Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu 24a. Kelpoisuustarkastukset (kolmannen osapuolen kanssa tai ilman) 24b. Sisäinen auditointi 24c. Ulkoinen auditointi.	Elementis suorittaa sisäisen rikastushiekka-alueen patotarkastuksen vuosittain, viiden vuoden välein viranomaisen ja konsultti ovat tarkastuksessa mukana. Konsultti tekee 5 vuoden välein arvion patojen kunnosta
BAT25	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	<i>Ei relevantti</i>
BAT26	Liittyy maanalaiseen kaivostoimintaan ja kaivannaisjätteiden maanalaiseen sijoittamiseen	<i>Ei relevantti</i>
BAT27	Tekniikat kaivannaisjätteen fysikaalisen pysyvyyden hallitsemiseksi ovat a. mekaaninen seulonta, b. hydrosyklonointi, c. sakeutus ja selkeytys ja/tai d. vedenpoisto painegradientin tai sentrifugoinnin avulla.	Ei tarvetta rikastushiekan fysikaalisuuden pysyvyyden hallitsemiseksi.
BAT28	Tekniikat kaivannaisjätteen stabilointiin kaivostäyttöä varten ovat 28a. sementoidun karkean kaivannaisjätteen valmistaminen, 28b. Sementoidun tai sementoimattoman kaivannaisjätelietteen valmistaminen hydraulista kaivostäyttöä varten tai/ja 28c. Pastamaisen kaivannaisjätteen valmistaminen kaivostäyttöä varten.	Ei relevantti, Elementisin Sotkamon kaivoksella ei tehdä BAT-kohdan tarkoittamaa kaivostäyttöä
BAT29	Tekniikat kaivannaisjätteen fysikaalisen pysyvyyden hallitsemiseksi ovat 29a. Sakeutetun ja pastamaisen kaivannaisjätteen sijoittaminen suihkutusputkilla, 29b. Kuivien tai märkien suodatinkakkujen läjittäminen (tai kuivana kasaaminen), 29c. Kaivannaisjätteen sijoittaminen kaivostäytöksi, 29d. Lietekäsittely tai/ja 29e. Kaivannaisjätteen hienon ja karkean fraktion yhteisläjitys.	<i>Ei tarpeellinen.</i>
BAT30	Tekniikat kaivannaisjätteen sisältämien haitta-aineiden liukenemisen estämiseksi tai vähentämiseksi ovat 30a. alkaliniteetin vähentäminen, 30b. tiivistäminen, konsolidointi ja läjitys (ks. BAT 29), 30c. vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a) tai/ja 30d. väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b).	30d) Sivukivialue on maisemoitu väliaikaisesti ja tullaan peittämään tiiviimmällä peittoratkaisulla myöhemmin.
BAT31	Happaman kaivosvaluman muodostumisen estäminen tai vähentäminen	Alueella on ollut kaivostoimintaa vuodesta 1968 lähtien ja läjitysalueiden sijainnit on päätetty historiassa. Aikoinaan ei ole ollut tapana rakentaa alueille pohjarakenteita. Mahdollisesti happoa tuottavat kaivannaisjätteet on nykyisellään tunnistettu, ja valuma/suotovedet on otettu huomioon vesien keräilyllä ja käsittelyllä. Sulkemissuunnittelussa em. jätejakeet on huomioitu ja sivukivialueen sulkemisrakenne estää merkittävässä määrin hapen ja veden pääsyä kasaan.
BAT32	Itsestään syttävän kaivannaisjätteen synnyn ehkäiseminen ja määrän pienentäminen	<i>Ei relevantti</i>

BAT-näkökohta		Toiminnan vastaavuus Elementisin Sotkamon kaivoksella
BAT33	Tekniikat kaivannaisjätealtaiden syanidipitoisuuden vähentämiseksi ovat syanidin tuhoaminen 33a. hapen, rikkioksidin tai 33b. vetyperoksidin avulla tai/ja 33c. syanidin tuhoamisen turvallisuustoimenpiteiden menetelmät/sovellukset.	<i>Ei relevantti</i>
BAT34	Hiilivetypitoisuuksien vähentäminen kaivannaisjätteissä	<i>Ei relevantti</i>
BAT35	Pohjarakenteet ja (fysikaaliset) esteet. Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pohjaveden tilan huononemisen tai maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista: 35a. Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön luonnonmaa 35b. Pohjarakenteena tiivis keinotekoinen materiaali 35c. Suotautumiseste.	Alueella on ollut kaivostoimintaa vuodesta 1968 lähtien ja läjitysalueiden sijainnit on päätetty historiassa. Aikoinaan ei ole ollut myöskään tapana rakentaa alueille pohjarakenteita. Sivukivialueen ja Papinlammen rikastushiekka-altaan pohja muodostuu huonosti läpäisevästä luonnonmoreenista (35a)
BAT36	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	<i>Ei relevantti</i>
BAT37	Vesijakeiden hallinta: 37a. Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana (ks. BAT 42b) 37b. Altaiden ja patojen kuivatusjärjestelmät (ks. BAT 21a) 37c. Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät (ks. BAT 21b) 37d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d)	37b) Tasojen +178 - +181 välissä on vaakasuodatin sekä oja suotovesipinnan alentamiseksi. Altaan vapaan veden eli ns. ylitavesien poisto ja vesipinnan säätely tapahtuu dekantointikaivolla. 37c) Sivukivialueen ympärillä on suotovesioijat.
BAT38	Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittäminen 38a. vaiheittainen kunnostus, 38b. väliaikaiset peitot, 38c. kasvillisuuspeitot, 38d. läpäisevät kuivapeitot, 38e. läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot, 38f. happea kuluttavat kuivapeitot, 38g. vesipeitot ja/tai 38h. märkäpeitot.	Sivukivialueelle on suunniteltu läpäisemätön kuivapeitto (38e) ja rikastushiekka-altaalle läpäisevä peitto (38d).
BAT39	Pohjavesien ja pilaantuneen maaperän puhdistaminen 39a. vettä läpäisevät reaktiiviset seinämät ja/tai 39b. fytotekniikat.	<i>Ei relevantti. Pohjaveden ja maaperän pilaantuminen pyritään estämään. Alueen historiasta johtuen alueella voi olla PIMA-töitä vaativia kohteita. PIMA-tutkimukset ja vaadittavat toimenpiteet tehdään toiminnan loppuessa.</i>
BAT40	Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu. Tekniikka perustuu mahdollisten maaperään ja vesistöön vaikuttavien päästölähteiden tunnistamiseen ja seurantaan.	Jätealueilta muodostuvien vesien määrää, laatua ja vedenkäsittelyn toimivuutta sekä ympäristön pinta- ja pohjavesien tilaa tarkkaillaan.
BAT41	Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu. Tekniikka perustuu suotovesien tunnistamiseen 41a. tiiviin pohjarakenteen alapuolisen vuodontarkkailujärjestelmän, 41b. vettä läpäisevän suotovesien tarkkailujärjestelmän tai 41c. tarkkailukaivon (esim. pietsometrikaivojen) avulla.	Maaperä ja pohjavesipäästöt tunnistetaan toiminnan aikana esimerkiksi pohjavesitarkkailun avulla.
BAT42	Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien muodostumisen ehkäiseminen tai vähentäminen 42a. Louhinnasta, rikastuksesta ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien uudelleen käyttö tai kierrätys 42b. Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana 42c. Kaivannaisjätteiden peittäminen (ks. BAT 38b-f) 42d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen 42e. Vähäisiä ympäristövaikutuksia omaavien reagenssien ja kemikaalien käyttö.	42a) Rikastushiekka-altaan vedet johdetaan tehtaan vesikiertoon. Sivukivialueen suotovedet johdetaan Lahnaslammen avolouhokseen. Mikäli tehtaalla tarvitaan raakavettä, se otetaan Lahnaslammen louhoksesta. Näin vähennetään vesistöä otettavia vesimääriä. Vesistöön purettavat vedet käsitellään.
BAT43	Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien kerääminen ja käsittely	Rikastushiekka-altaan vedet johdetaan tehtaan vesikiertoon. Sivukivialueen suotovedet johdetaan Lahnaslammen avolouhokseen. Mikäli tehtaalla tarvitaan raakavettä, se otetaan Lahnaslammen louhoksesta. Näin vähennetään vesistöä otettavia vesimääriä. Vesistöön purettavat vedet käsitellään.
BAT44	<i>Öljy- ja kaasuteollisuus</i>	<i>Ei relevantti.</i>
BAT45	Suspensiossa olevan kiintoaineksen tai (orgaanisten) nesteiden poistaminen 45a. painovoimainen erotus laskeutusaltaissa, 45b. selkeytys tankeissa, 45c. koagulaatio ja flokkulaatio, 45d. vaahdotus ilmalla, 45e. väliainesuodatus, 45f. suspensiossa olevien partikkelien kalvosuodatus tai/ja 45g. hydrosyklonointi (ks. BAT 27b).	Kaivoksen purkuvesi käsitellään kalkkisaostuksella, jossa muodostuva sakka erotetaan painovoimaisesti Soidinsuon altaalla (45a). Vesikierrrossa tapahtuu kiintoaineen painovoimaista erottumista myös mm. Lahnaslammen louhoksessa ja Talkkipiirin altaassa.

BAT-näkökohta		Toiminnan vastaavuus Elementisin Sotkamon kaivoksella
BAT46	Liuenneiden aineiden poistaminen 46a. ilmastus ja aktiivinen kemiallinen hapettaminen, 46b. aktiivinen aerobinen biologinen hapettaminen, 46c. aerobiset tai d. anaerobiset kosteikot, 46e. hapettomat biokemialliset reaktorit, 46f. hydroksidi- ja karbonaattisaostus, 46g. sulfidisaostus, 46h. kersaostus kloridilla tai sulfaattimetallisuoloilla, 46i. adsorptio, j. ioninvaihto, k. nanosuodatus tai/ja 46l. käänteisosmoosi.	Kaivoksen purkuvesi käsitellään kalkkisaostuksella, jossa metallit saostuvat hydroksideina (46f). Käsitelyyn johdetaan vettä etupäässä Lahnaslammen ja Punasuon louhoksista. Myös sivukivialueen suotovedet käsitellään kalkkisaostuksella (46f) ennen veden johtamista Lahnaslampeen.
BAT47	Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien neutralointi ennen purkua 47a. aktiivinen käsittely, 47b. hapelliset kalkkikiviojat (OLD) ja avoimet kalkkikiviuomat (OLC), 47c. hapettomat kalkkikiviojat (ALD), 47d. perättäiset alkalisuutta lisäävät järjestelmät (SAPS) tai/ja 47e. anaerobiset kosteikot (BAT 46d).	Kalkkikivisuoto-oja (46c) sijaitsee magnesiittikasan ja Papinlammen altaan itäsvuonella. Se on neutraloivalla kiviaineksella täytetty oja ja sen toiminta perustuu pH:n nousuun murskeen läpi kulkevassa vedessä ja metallien pidentymiseen sen johdosta. Suoto-ojasta vedet on käännetty Talkkipiiriin altaaseen prosessivesikiertoon. Hajakuormituskohteiden osalta tarkkaillaan SAPS-kosteikolta lähteviä vesiä. SAPS-kosteikko (47d) sijaitsee ratapenkin vieressä, ja siihen johdetaan pihavesiä pysäköintialueelta ja ratapenkin suotovesiä. SAPS-kosteikolta vedet virtaavat Lahnasjokeen. SAPS-kosteikolla vesi johdetaan vertikaalisesti orgaanisen kompostikerroksen läpi kalkkikivikerrokseen. Osa metalleista voi pidentyä jo orgaaniseen ainekseen esimerkiksi adsorption tai sulfidien muodostuksen kautta. Kompostikerroksen pääasiallisena tehtävänä on kuitenkin saattaa käsiteltävä vesi pelkistävään tilaan. Vesi kulkee kalkkikerroksen läpi pelkistyneessä tilassa, ja tällöin sakan muodostus on vähäisempää. Ideaalissa tilanteessa vesi pysyy kalkin seassa vielä pelkistyneenä samalla, kun sen pH nousee ja saostumisreaktiot tapahtuvat vasta kalkkikerroksen jälkeisessä laskeutusaltaassa, kun vesi hapettuu.
BAT48	Pintavesiin kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu	Päästöjä seurataan tarkkailuohjelman mukaisesti
BAT49	Kaivannaisjätteiden paljailta pinoilta peräisin olevan pölyämisen ehkäiseminen tai vähentäminen 49a. veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus, 49b. tuulensuojajärjestelmät, 49c. maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d), 49d. vaihteittainen kunnostus (ks. BAT 38a), 49e. väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b), 49f. kasvillisuuspeitot (ks. BAT 38c), 49g. läpäisevät kuivapeitot (ks. BAT 38d), 49h. läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e), 49i. vesipeitot (ks. BAT 38g) ja/tai 49j. märkäpeitot (ks. BAT 38h).	Tiealueiden pölyämistä ehkäistään kastelulla (BAT49a).
BAT50	Tekniikat kaivannaisjätteen kuljetuksessa ja käsittelyssä aiheutuvan pölyämisen ehkäisemiseksi ja pienentämiseksi on 50a. jatkuvatoimiset järjestelmät (kaivannaisjätteen kuljetuksessa ja käsittelyssä), 50b. organisaation suunnittelutekniikat tai/ja 50c. veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus (ks. BAT 49a).	Tiealueiden pölyämistä ehkäistään kastelulla (BAT50c).
BAT51	Öljy- ja kaasuteollisuus	Ei relevantti.
BAT52	Ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu.	Toiminnasta aiheutuvaa pölyämistä tarkkaillaan silmämääräisesti ja ehkäistään jatkuvasti. Hajapölypäästöjä rajoitetaan liikenneväylien kastelulla.
BAT53	Kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvan melun ehkäiseminen ja pienentäminen 53a. Meluvallit 53b. Jatkuvatoimiset järjestelmät (ks. BAT 50a) 53c. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).	Sivukiven kuljetuksesta ja läjityksestä syntyy meluvaikutuksia. Suojelualueet sekä asutus ovat sen verran etäällä sivukiven läjityksestä ettei esim. meluvalleja (53a) ole katsottu tarpeelliseksi. Ympäristöluvassa määrättyjen ympäristömelumittausten perusteella luparajat ei ylity. Lievennystoimenpiteitä ei tämän vuoksi ole tarvinnut tehdä
BAT54	Kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvien hajupäästöjen ehkäiseminen ja pienentäminen	Toiminnasta ei aiheudu hajupäästöjä, ei relevantti
BAT55	Kaivannaisjätteiden hallinnan maisemavaikutusten ja maankäytön jalanjäljen ehkäiseminen tai minimoiminen 55a. Kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäiseminen (ks. BAT 6) 55b. Kaivannaisjätteen kiintoaine/neste -suhteen hallinta (ks. BAT 27) 55c. Kaivannaisjätteen tiivistäminen, kiinteäyttäminen ja läjitys (ks. BAT 29) 55d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).	Tällä hetkellä sivukivi läjitetään louhokseen vesipeiton alle, jolloin maisemavaikutuksia ei aiheudu. 55a) Sivukiveä ei louhita turhaa. Kiilleliusketta käytetään rakentamiseen. 55d) Sulkemisvaiheessa alue maisemoidaan.
BAT56	Kaivannaisjätteiden hallinnan aiheuttaman energian ja aineiden kulutuksen minimointi 56a. Energiankulutuksen vähentäminen 56b. Vedenkulutuksen vähentäminen 56c. Reagenssien, lisämateriaalien ja raaka-aineiden kulutuksen vähentäminen.	56a) Kuljetusmatkat pyritään minimoimaan. Tämä vähentää energian kulutusta materiaalin siirrosta. 56b) Rikastushiekka-altaan vedet johdetaan tehtaan vesikiertoon. Sivukivialueen vedet johdetaan Lahnaslammen avolouhokseen. Mikäli tehtaalta tarvitaan raakavettä, se otetaan Lahnaslammen louhoksesta. Näin vähennetään vesistöä otettavia vesimääriä.
BAT57	Luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan vaikutusten ehkäiseminen tai minimoiminen 57a. Luonnon radioaktiivisten aineiden seurantasuunnitelma 57b. Kaivannaisjätteen lajittelu ja valikoiva käsittely (ks. BAT 7b)	Sivukiville ja rikastushiekalle on tehty U- ja Th-aktiivisuuspitoisuuksien tarkastelu STUK:in ohjeistuksen (STUK 2021) mukaisesti. Minkään radionuklidin aktiivisuuspitoisuus ei siis ylittänyt vapautusrajaa 1000 Bq/kg.

Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman liite 3 on sulkemissuunnitelma.
Sulkemissuunnitelma on esitetty erikseen YVAn liitteenä 13.



Asiakas: Elementis Minerals Oy B.V. Branch Finland

Projekti: Papinlammen altaan korotuksen yleissuunnitelma

Asiakirja: Korotussuunnitelma

Projektinumero: 101009475-001

Korotussuunnitelma

Pvm.
17/01/2020
Projektiviite
101009475-001

Raportin numero
101009475-T01

Asiakas
Elementis Minerals B.V. Branch Finland

Papinlammen rikastushiekka-allas

AFRY Finland Oy
Infrapalvelut, Oulu
Elektroniikkatie 13
FI-90590 Oulu
Tel. +358 10 3311
E-mail: etunimi.sukunimi@poyry.com
www.afry.fi

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Pohjaolosuhteet ja nykytilanne	1
2.1	Nykytilanne	1
2.2	Pohjaolosuhteet	3
3	Korotuksen periaatteet	3
3.1	Korotuksen rakentamisperiaate	3
3.2	Vesien hallinta	5
3.2.1	Altaan vapaa vesi	5
3.2.2	Suotovedet	6
4	Patokorotusten geotekniset tarkastelut	6
4.1	Stabiiliteetti- ja suotovirtaustarkastelut	6
4.2	Laskentatulokset	7
4.3	Painuma	9
5	Patoturvallisuus ja vahingonvaara	10

Liitteet

Pato A, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0, laskentatilanne A	Liite 1.1
Pato A, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0, laskentatilanne B	Liite 1.2
Pato A, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0, laskentatilanne A	Liite 1.3
Pato A, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0, laskentatilanne B	Liite 1.4
Pato B, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0, laskentatilanne A	Liite 1.5
Pato B, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0, laskentatilanne B	Liite 1.6
Pato B, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0, laskentatilanne A	Liite 1.7
Pato B, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0, laskentatilanne B	Liite 1.8
Pato D, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0, laskentatilanne A	Liite 1.9
Pato D, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0, laskentatilanne B	Liite 1.10
Pato D, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0, laskentatilanne A	Liite 1.11
Pato D, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0, laskentatilanne B	Liite 1.12
Pato A, lopputilanne, korotus +190 ilman väliojaa	Liite 1.13
Rikastushiekan laboratoriokoetuloksia v. 1989	Liite 2.1
Rikastushiekan laboratoriokoetuloksia v. 2020	Liite 2.2
Pohjavesipintojen mittaustiedot	Liite 3
Vahingonvaara-arvio	Liite 4

Piirustukset

Yleissuunnitelmakartta	1:2000	101009475-P1
Tyyppileikkaus	1:200/1:100	101009475-P2



1 Johdanto

Elementis Minerals B.V. Sotkamon tehtaalla on tavoite korottaa Papinlammen rikastushiekka-altaan (=magnesiittialtaan) nykyisen luvan mukaista täyttötasoa.

Papinlammen allas on otettu käyttöön v. 1991 ja se kuuluu patoturvallisuustarkkailun piiriin patoluokassa 2. Allas on alun perin muodostettu sekä luontaisia harjanteita hyväksi käyttäen, että reunapadoilla A, B, C ja D. Alkuperäisten reunapatojen harjakorkeus on +162,5_{N60} ja maksimikorkeus noin 12 metriä.

Padot ovat louheverhoiltuja homogeenisia moreenipatoja ja niissä on kiviaineksesta rakennettu vaakasuodatin. Padot on perustettu pääosin moreeninvaraisesti ja osittain kallionvaraisesti. Hienorakeisten kivennäismaalajien alueilla ja turvealueilla on tehty massanvaihtoa syvimmillään n. 7 m:n paksuudelta. Karkearakeisten kerrostumien alueelle on rakennettu tiivisteurat padon tiivistesydämen alapuolelle. Lisäksi rikkonaista kalliota on injektoitu läpäisevän vesimäärän vähentämiseksi. Patojaksojen A, B ja D korkeimmille osuuksille on rakennettu vaakasuodatin. Patojen sijainti on esitetty Kuva 1.

Alkupatojen päägeometria on seuraava:

- harjan taso on N60 +162,50 m,
- harjaleveys 6,0 m,
- suurin padotuskorkeus noin 12,0 m,
- luiskakaltevuus; märkä- ja kuivapuoli 1:2

Papinlammen allasta on korotettu magnesiittihiekalla vuonna 2003 laaditun korotussuunnitelman perusteella (Jaakko Pöyry Infra, 17.12.2003, Papinlammen läjitysalueen korotus rikastushiekalla, korotussuunnitelma ja kelpoisuustarkastelu). Nykyisen luvan mukaan täyttötaso saa olla enintään +175,0_{N60} ja luiskakaltevuus 1:3 tai loivempi.

Tässä korotuksen yleissuunnitelmassa on esitetty tarkastelut altaan korottamiseksi tasolle +190_{N60} eli 15 m nykyisen luvan mukaista tasoa korkeammalle. Taso +190_{N60} on likimain altaan itäpuoleisen Papinmäen ylin korkeustaso.

2 Pohjaolosuhteet ja nykytilanne

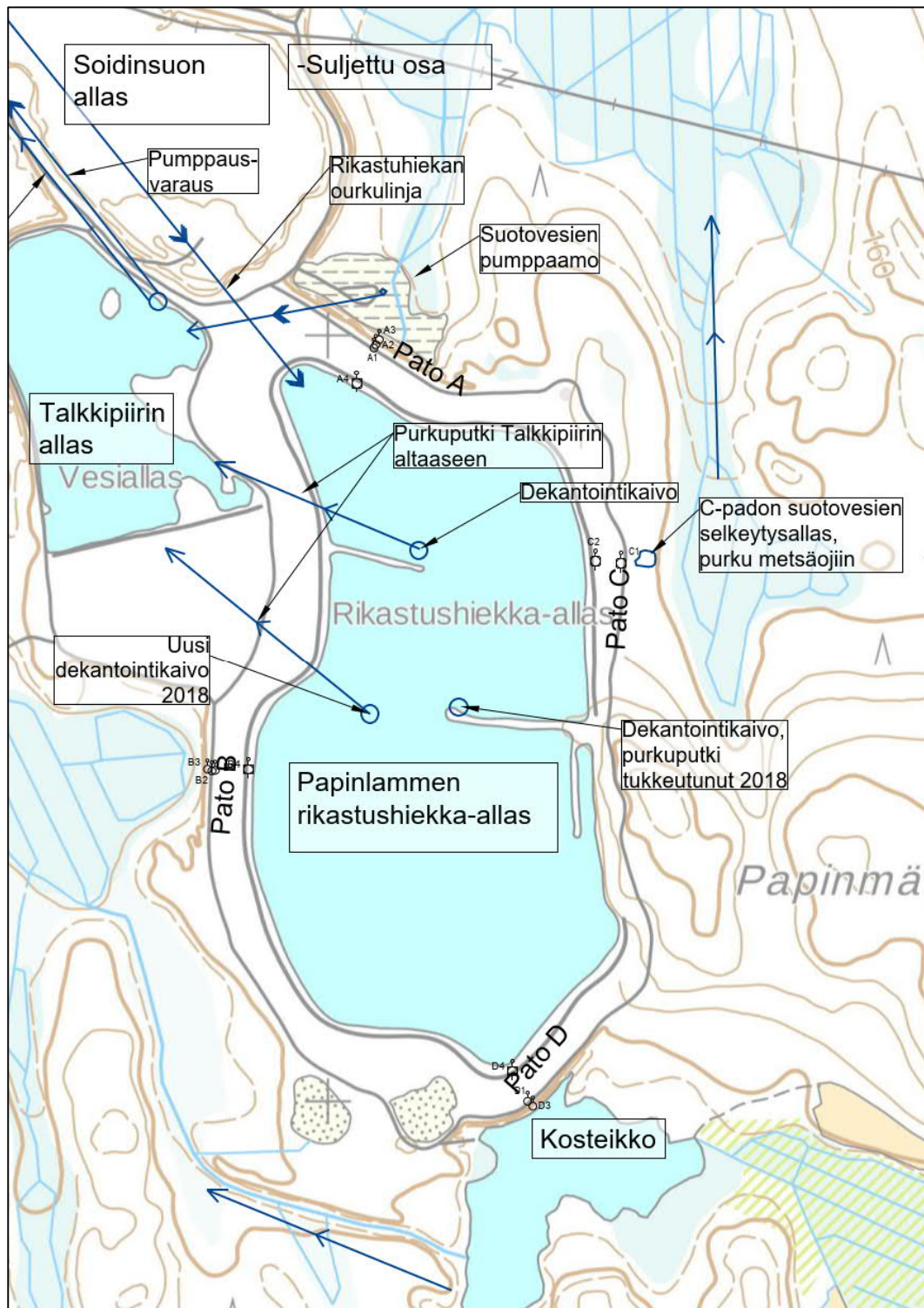
2.1 Nykytilanne

Elementis Minerals on teettänyt alueelle Drone -kuvauksen ja fotogrammetrisen maastomallinnuksen. Papinlammen alue on lennetty kesällä 2017 ja maastomallin perusteella korotus on ollut tuolloin n. tasolla +172. Vastaava aineisto on luotu uudelleen toukokuussa 2019, jolloin korotus on ollut vähintään tasolla +174. Rikastushiekalla alkupadon harjan yläpuolelle tehdyt korotukset on muotoiltu kaltevuuteen 1:3...1:4 ja luiska on tehty pääosin yhtenäisenä mutta joillain alueilla korotusta on tehty myös porrasmaisesti. Läjitystaso on mallin mukaan n. 1-2 m korotusosan padon harjan tasoa alempana.

Läjitys tapahtuu spigotoimalla reunapadon korotusosalta siten, että lietteen virtausmatka saadaan pidettyä mahdollisimman pitkänä ja veden erottuminen lietteestä maksimoidaan. Rakeisuudeltaan karkein osa magnesiittihiekasta jää purkupisteen läheisyyteen ja hienoin kulkeutuu veden mukana kauimmas.

Vedet kerätään dekantointikaivoilla, joita on altaan sisällä käytössä 2 kpl. Yksi kaivo (tai purkuputki) on mennyt tukkoon vuonna 2018, jonka jälkeen sille on rakennettu korvaava kaivo purkuputkineen.

Altaan nykytilanne on esitetty piirustusliitteessä 101009475-P1 ja Kuva 1.



Kuva 1. Patojen ja pohjavesiputkien sijainti, sekä vesien purkautumissuunnat

2.2 Pohjaolosuhteet

Tätä korotussuunnittelua varten ei ole tehty uusia pohjatutkimuksia tai laboratoriokokeita. Aiemman korotussuunnitelman perusteella Papinlammen alue on pohjamineenialuetta, jossa kumpareet ja mäet noudattavat kallion topografiaa ja moreenipeitteen paksuus on laajoilla alueilla alle metrin. Kallio on ehyttä ohuen moreenipeitteen alueilla ja rikkonaista pitkien ja kapeiden laaksoalueiden reunamilla Papinlammen pohjois- ja eteläpuolella. Alueen moreeni on keskitiivistä tai tiivistä hiekkamineenia, jonka lajite vaihtelee soraisesta hiekkamineenista silttiseen hiekkamineeniin. Kallion syvänealueilla peitekerroksina esiintyy turvetta, liejuista savea ja silttiä paksuimmillaan n. 8 m. Reunapadot on perustettu moreenin tai kallion varaan ja pehmeitä maakerroksia on poistettu patorunkojen alta enimmillään n. 7 m:n paksuudelta. Rikkonaista kalliota on tiivistetty työn aikana injektioimalla.

Rikastushiekalle on tehty v. 1989 patoturvallisuusselvityksen yhteydessä laboratoriokokeita, joiden tulokset on esitetty liitteessä 2.1. Rikastushiekka vastaa kokeiden perusteella rakeisuudeltaan silttiä ja hienoinespitoisuus vaihtelee läjitysalueella selkeytysolosuhteiden mukaan. Tiiviissä tilassa magnesiittihiekan kitkakulmaksi on saatu kolmiakselikokeella $\phi=36^\circ$ ja tehokkaaksi koheesioksi $c=7.4$ kPa. Keskimääräinen vedenläpäisevyys on n. 1×10^{-6} m/s. Tässä tarkastelussa on käytetty magnesiittihiekalle leikkauskestävyysparametreina vuoden 2003 korotussuunnitelmaa vastaavasti $\phi=30^\circ-33^\circ$ ($c=0$ kPa), koska rikastushiekka jää läjitystekniikasta ja korotusosan rakentamistavasta johtuen verrattain löyhään tilaan.

Rikastushiekalle on tehty lisäksi laboratoriotutkimuksia vuonna 2020, tulokset on esitetty liitteessä 2.2. Rikastushiekka on myös tuolloin todettu rakeisuudeltaan silttiseksi hiekaksi. Keskimääräinen vedenläpäisevyys on n. 3×10^{-6} m/s. Näytteeseen valittu hiekka on otettu kohdasta, jota tullaan käyttämään korotukseen.

Reunapatojen A, B ja D kohdille on asennettu poikkileikkausmaisesti pohjavesiputkia suotovesitilanteen seuraamiseksi. Putket sijaitsevat padon harjan luiskan yläreunan kohdalla, 1 putki molemmilla puolilla. Kolmas putki sijaitsee kuivapuolen luiskassa tai kuivapuolen tukipenkereessä. Magnesiittihiekalla korotetulle pato-osuudelle on asennettu vuonna 2018 neljännet putket, joista on mittaustuloksia aikaväliltä 17.10.2018-12.6.2019. Pohjavesipinnan mittaustietoja on kerätty pääosin aikavälillä 25.5.1992 – 12.6.2019. Vesipinnat on esitetty graafisesti liitteessä 3 ja niitä on verrattu suotovesilaskelmissa saatuihin tuloksiin, ks. tarkemmin kohta 4.1.

3 Korotuksen periaatteet

3.1 Korotuksen rakentamisperiaate

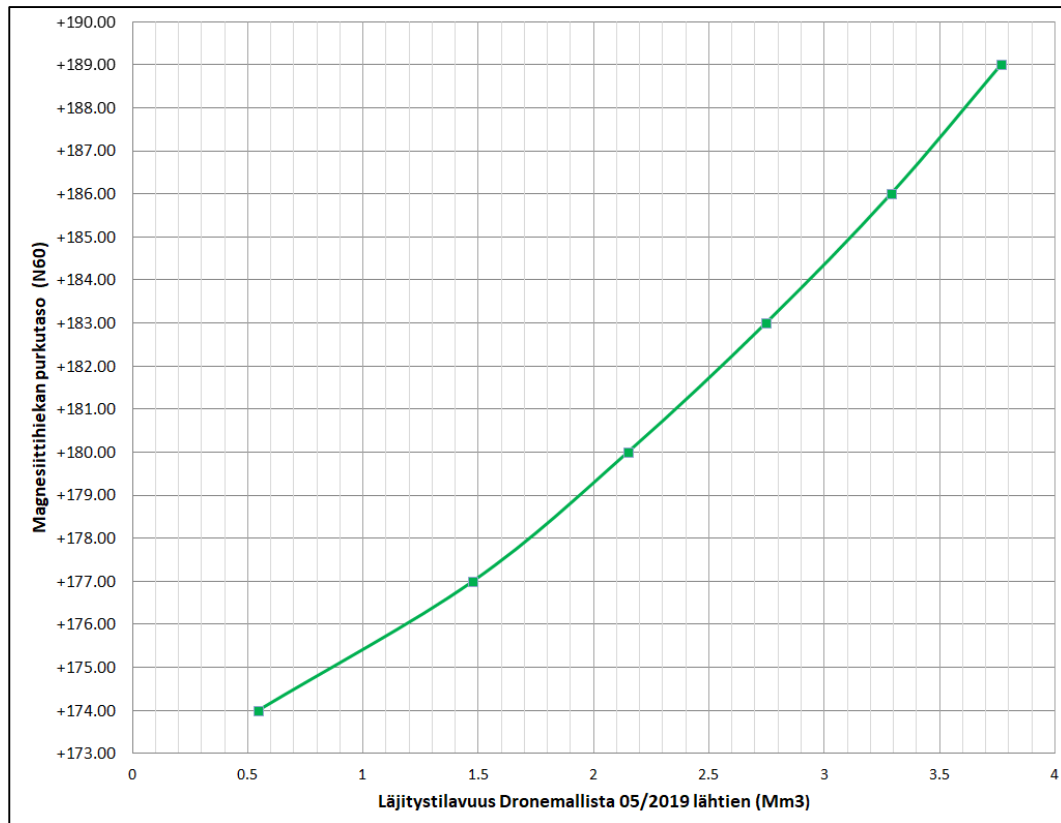
Korotuksen ylimmäksi varastointitasoksi on suunniteltu +190,0, joka on 15 m nykyisen luvan mukaista tasoa korkeammalla. Korotuksella saavutetaan noin $3,7 \text{ Mm}^3$ lisää varastointilavuutta vuoden 2019 toukokuun tilanteesta lukien.

Yleisperiaatteena korotuksen toteuttamiselle on altaaseen läjitetyn magnesiittirikastushiekan hyödyntäminen korottamisessa. Reunoilta tapahtuvan läjityksen johdosta rakeisuudeltaan karkein osa magnesiittihiekasta on käytettävissä korotukseen, jolloin materiaali on mahdollisimman hyvin tiivistettävissä. Reunapatoa korotetaan vaiheittain läjityksen etenemisen mukaan siten, että vapaan veden alue pidetään mahdollisimman kaukana korotettavasta osuudesta. Laskeutunut hiekka kasataan kuivumaan ennen sen tiivistämistä korotusosan rakenteeksi. Hiekka on kuivatettava



korotusosan sisäpuolisella alueella. Korotusta ei tehdä talviaikaan, jotta rakennettavaan osaan ei muodostu jäälinsejä ja mahdollisen putkieroosion riski minimoidaan.

Korotuksilla teoreettisesti saavutettava läjitystilavuus Dronemallista 05/2019 lähtien on esitetty korotustasoittain Kuva 2. Todellinen läjitystilavuus eri tasoilla riippuu mm. purkupisteiden sijainnista.



Kuva 2. Korotuksilla saavutettava läjitystilavuus.

Korotuksen ulkoluiska muotoillaan kaltevuuteen 1:4 tai loivempi ja sisäpuolen luiska likimäärin kaltevuuteen 1:2. Harjan leveys vähintään 5 metriä. Korotuksen ollessa tasolla +178, muotoillaan sisäpuolelle oja suoto- ja pintavesien hallintaa varten. Ojan tarkoitus on pitää suotovesipinta riittävän alhaalla hyvän stabiiliteetin varmistamiseksi, sekä vähentää luiskan eroosioitumisriskiä katkaisemalla yhtenäisen ja pitkä luiska. Ojan pohja muotoillaan pituussuunnassa siten, että vedet saadaan purettua korotusosan läpi rakennettavilla rummuilla hallitusti eroosiosuojattuun luiskaan.

Rikastushiekka-altaan pinta-ala pienenee korotusten myötä. Reunapadon korotuksen pinta-alat korotustasoittain harjan ulkoreunan kohdalla on esitetty alla taulukossa 1.

Taulukko 1. Stabiilitteetti- ja suotovirtauslaskelmien tulokset

Reunapadon korotusosan taso (N60)	Pinta-ala korotusosan harjan ulkoreunan kohdalta, ha
+175,0	32,2
+178,0	29,2
+181,0	21,1
+184,0	18,6
+187,0	16,4
+190,0	14,3

Korotuksen ulkoluiskat eroosiosuojataan n. 0.5 m paksulla kerroksella karkearakeista moreenia (SrMr), soraa, mursketta tai pienlouhetta.

Korotuksen tyyppipoikkileikkaus on esitetty piirustusliitteessä 101009475-P1

3.2 Vesien hallinta

3.2.1 Altaan vapaa vesi

Altaan vapaan veden eli ns. ylitevesien poisto ja vesipinnan säätely tapahtuu dekantointikaivoilla, joita on toiminnassa 2 kpl. Kaivot on sijoitettu eri puolille allasta siten, että läjitettävästä hiekasta erottuvan veden virtausmatka purkupisteeseen voidaan pitää pitkänä. Läjityksen purkupistettä vaihdellaan altaan tasaisen täyttymisen varmistamiseksi ja vapaan veden alue pyritään pitämään mahdollisimman keskellä allasta. Ylitevedet dekantointikaivoista johdetaan Papinlammen altaan luoteispuolella sijaitsevaan talkkipiiriin vesialtaaseen.

Altaan vesipinnan ja reunapadon korotusosan harjan tason välisenä erona (=kuivavara) suositellaan pidettäväksi 2,5 metriä, joka vastaa alueen routasyvyyttä 1/10a toistuvan pakkasmäärän mukaisesti laskettuna. Reunalta tapahtuvan läjityksen johdosta suotovesipinta laskee reunapadon korotusosan kohdalla, kun vapaa vesi saadaan pidettyä altaan keskiosalla. Kuivavaraa voidaan pienentää, mikäli vesipinnan voidaan todentaa olevan riittävän syvällä reunapadon kohdalla.

Mikäli dekantointikaivo tai sen purkuputki menee tukkoon tai rikkoutuu, uusitaan purkurakenne sen hetkistä läjitystasoa vastaavaksi eli purkuputki asennetaan n. 2 metrin syvyyteen rikastushiekan pinnasta ja ohjataan purkamaan korotusosan luiskaan. Luiskan eroosiosuojaus purkuputken alueella on tehtävä normaalia vahvempana. Putken ympärillä reunapadon korotusosan läpiviennissä on käytettävä tiivistyslaippaa putken pintaa pitkin suotautuvan veden virtausmatkan pidentämiseksi.

Dekantointikaivoja käytetään sulkemisen jälkeen pintavesien poistoon täyttöalueen sisäpuoliselta alueelta muotoilemalla hiekan pinta kaivoja kohti viettäväksi. Tällöin veden imeytymistä läjitettyyn rikastushiekkaan saadaan vähennettyä.

3.2.2 Suotovedet

Suotovesiä keräytyy +178 -tason viereen muotoiltavaan ojaan sekä reunapadon läpi ja alitse ulkopuolelle. Korotusosaan muotoiltavan ojan suotovedet johdetaan pituussuunnassa kallistettua ojaa pitkin nykyisiin purkupisteisiin seuraavasti:

- A ja C -padoilta A -padon viereltä lähtevään ojaan, josta ne johtuvat edelleen suotovesien altaaseen,
- B -padolta Talkkipiirin altaaseen johtavaan dekantointivesien ojaan,
- D -padolta viereiselle kosteikolle

4 Patokorotusten geotekniset tarkastelut

4.1 Stabiliateetti- ja suotovirtaustarkastelut

Stabiliateettilaskennat suoritettiin patoturvallisuusoppaan (Hämeen ELY 2012) mukaisesti kokonaisvarmuuslukumenetelmällä.

Laskentaohjelmana käytettiin RocScience Slide 6.0 -ohjelmaa. Laskelmat tehtiin Bishopin yksinkertaista (=Bishop simplified) menetelmää käyttäen ympyrän muotoisilla liukupinnoilla. Vertailuna laskentavaiheessa käytettiin GLE/Morgenstern Price -menetelmää mutta esitetyt tulokset ovat Bishopin yksinkertaisella menetelmällä saatuja varmuuksia. Menetelmien tulokset ovat laskentatapauksissa lähellä toisiaan. Korotusmahdollisuuksien tarkastelun alkuvaiheessa laskelmia tehtiin erityyppisillä geometrisilla ratkaisulla, joista kelvottomimmaksi ja varmuudeltaan parhaimmaksi osoittautui väliojaratkaisu.

Suotovirtaustaskelmissa laskentaohjelmana käytettiin RocScience Slide 6.0 -ohjelmaa elementtimenetelmällä (=Finite Element Method) tasapainotilassa. Suotovesipinta on stabiliateetin kannalta hyvin olennainen, joten suotovesilaskentaa tehtiin kahdessa eri tilanteessa, joita on nimetty "max" ja "min". Minimitilanteessa (=min) magnesiittihiekan korotusosalle ja läjitetylle hiekalle on käytetty samoja vedenläpäisevyyden arvoja kuin edellisen korotussuunnitelman yhteydessä (1×10^{-6} m/s) ja vesipintana on käytetty 2.5 m korotusosaa alemmaa tasoa. Maksimitilanteessa (=max) magnesiittihiekalle on käytetty suurempia vedenläpäisevyysarvoja ja vesipintana on käytetty 1 m korotusosaa alemmaa tasoa. Maksimitilanteessa suotovesipinta sijoittuu korkeammalle, jolloin stabiliateetti on minimitalannetta heikompi, ollen kuitenkin vielä hyvällä tasolla. Lisäksi suotovesivirtaama on suurempi. Maksimitilanteella on pyritty kuvaamaan läjityksen mahdollista epähomogeenisuutta, joka johtuu lietteen hieno- ja karkearakeisen aineksen erilaisesta laskeutumisesta, jolloin osalla aluetta hiekka voi olla muuta aluetta karkeampaa. Maksimitilanteessa hiekan rakeisuuden arvioidaan edustavan karkeinta mahdollista altaalla esiintyvää tilannetta, jolloin suotovesipinta hakeutuu lähelle rakennettua luiskaa ja stabiliateetti huononee. Vuonna 2020 rikastushiekalle tehdyn laboratoriokokeen perusteella on hiekan vedenläpäisevyys ollut 3×10^{-6} m/s, joka sijoittuu laskelmiin valittujen arvojen väliin.

Stabiliateettia tarkasteltiin reunapatojen A, B, ja D -kohdilta. Reunapadon C alueelta laskentaa ei katsottu tarpeelliseksi, koska sen kohdalla rikastushiekalla suoritettujen korotuksen keskimääräinen kaltevuus on loiva. Tarkastelut tehtiin normaalissa suototilanteessa korotusosien ollessa ylimmällä suunnitellulla tasolla +190,0_{N60} heti läjityksen lopputilanteessa. Stabiliateetti on em. tilanteessa heikoimmillaan. Korotuksen kuivapuolen luiskakaltevuutena käytettiin 1:4. Magnesiittirikastushiekka on rakeisuudeltaan karkeaa silttiä tai silttistä hiekkaa, joten laskelmat suoritettiin avoimen tilan parametreilla (ns. c-φ).



Taulukko 2. Stabiiliti- ja suotovirtauslaskelmissa eri kerroksille käytetyt parametrit

Kerros	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	$k_s, \max$ [m/s]	$k_s, \max$ [m/s]
Magnesiitti, läjitetty	15	30	0	6E-6 ($k_2/k_1=0.2$)	1E-6
Magnesiitti, tiivistynyt	15	33	0	6E-6 ($k_2/k_1=0.2$)	1E-6
Patomoreeni	21	36	0	1E-7 ($k_2/k_1=0.3$)	1E-7
Pienlouhe/murske	19	40	0	6E-2	1E-2
Sora (reunapadon vaakasuodatin)	20	36	0	1E-5	1E-5
Pohjamaa, moreeni	21	38	2	3E-7	3E-7
Murske magnesiittia vasten	20	40	0	1E-4	1E-4

k_2/k_1 = kerroin pystysuuntaiselle vedenläpäisevyydelle

Stabiiliti-laskelmissa käytettiin korotusosien tasanteiden kohdilla vakavuuslaskelmissa tavanomaisesti käytettävää pintakuormaa 10 kPa. Pintakuorman vaikutus laaja-alaisissa liukupinnoissa on pieni.

4.2 Laskentatulokset

Patoturvallisuusoppaan mukaan normaalissa suototilanteessa on kokonaisvarmuuden stabiiliti-tarkastelussa oltava väh. 1,5 ja äkillisen vesipinnan laskun tilanteessa väh. 1,3. Äkillisen vesipinnan laskua ei käytännössä voi tapahtua muutoin, kuin patosortumatilanteessa, joten sellaisia laskelmia ei ole tehty. Stabiiliti-vaatimukset täyttyvät jokaisen tarkastelukohdan osalta, tulokset on esitetty alla olevassa Taulukko 3.

Nykyisen luvan mukaisen korotustason viereen jätettävän väliojan tarkoitus on varmistaa hyvä stabiiliti pitämällä suotovesipinta riittävän alhaalla. Mikäli korotusosaa jatkettaisiin vakioalvevuudella 1:4 ylöspäin, tulisi stabiiliti-riittämätön. Vertailun vuoksi tilanne ilman ojaa on esitetty liitteessä 1.13, jossa kokonaisvarmuus on 0.97.

Suotovirtauslaskelmien tulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Stabiilitteetti- ja suotovirtauslaskelmien tulokset

Laskentageometria	Stabiilitteetti		Suotovesivirtaama, Q	
	Laskenta-tilanne	vaatimus > 1,5	Väliojaan suotautuva [m ³ /s/pato-m] [m ³ /vrk/pato-m]	Reunapadon ulkopuolelle suotautuva [m ³ /s/pato-m] [m ³ /vrk/pato-m]
Pato A, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0	max (ks. liite 1.1)	1.651	- -	1.32E-5 1.14
	min (ks. liite 1.2)	2.239	- -	3.44E-6 0.30
Pato A, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0	max (ks. liite 1.3)	1.515	7.49E-6 0.65	1.51E-5 1.30
	min (ks. liite 1.4)	1.667	1.86E-6 0.16	3.05E-6 0.26
Pato B, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0	max (ks. liite 1.5)	2.032	- -	1.37E-5 1.18
	min (ks. liite 1.6)	2.389	- -	7.78E-6 0.67
Pato B, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0	max (ks. liite 1.7)	1.714	7.64E-6 0.66	1.55E-5 1.34
	min (ks. liite 1.8)	1.832	4.60E-6 0.40	8.55E-6 0.74
Pato D, nykyisen luvan mukainen korotustaso +175,0	max (ks. liite 1.9)	1.889	- -	1.70E-5 1.47
	min (ks. liite 1.10)	2.065	- -	3.99E-6 0.34
Pato D, lopputilanteen mukainen korotustaso +190,0	max (ks. liite 1.11)	1.665	6.78E-6 0.59	1.69E-5 1.46
	min (ks. liite 1.12)	1.741	3.23E-6 0.30	5.80E-6 0.50
Pato A, lopputilanne, korotus +190 ilman väliojaa	(ks. liite 1.13)	0.971	- -	- -

Taulukkoon 4 on koottu yhteenvedo teoreettisista suotovesivirtaamista patopituudet huomioiden edellä selostetuissa min ja max -tapauksissa. Todellisuudessa suotovesimäärät

jäänevät merkittävästi taulukossa esitettyjä arvoja pienemmiksi johtuen mm. seuraavista seikoista:

- Laskelmat on tehty stabiileetin kannalta pahimmista paikoista eli käytännössä korkeilta reunapato-osuuksilta, joilla suoto on suurimmillaan
- Alueen topografia vaihtelee eli osalla aluetta suotoa tapahtuu hyvin vähän ainakin reunapadon alitse
- Reunapadon ja läjityksen omasta painosta aiheutuvaa huokostilavuuden pienenemistä ja sen aiheuttamaa vedenläpäisevyyden pienenemistä ei ole huomioitu

Taulukko 4. Teoreettisten suotovesivirtaamien yhteenvedo

Patoalue	Laskentaleikkaukselle arvioitu soveltuva pituus	Suotovesien purkautumiskohta	Laskennallinen	Suotovesien vastaanottoalue
			suotovesi- virtaama, Q [m3/vrk]	
A+C	890 m	Väliojaan	max 324 min 81	Padon A suotovesipumppaamo
A	380 m	Reunapadon ulkopuoli	max 651 min 132	Padon A suotovesipumppaamo
B	1180 m	Väliojaan	max 528 min 318	Talkkipiirin allas (dekantointivesien keräilyjoja)
		Reunapadon ulkopuoli	max 1070 min 591	Padon B tausta-alue
C	160 m	Reunapadon ulkopuoli	max 651 min 132	Padon C suotovesiallas
D	430 m	Väliojaan	max 252 min 199	Padon D taustan kosteikkoalue
		Reunapadon ulkopuoli	max 629 min 216	Padon D taustan kosteikkoalue
YHTEENSÄ		Väliojaan	max 1331 min 698	max 3682 min 1637
		Reunapadon ulkopuoli	max 2351 min 939	

4.3 Painuma

Magnesiittirikastushiekka vastaa rakeisuudeltaan karkeaa silttiä – silttistä hiekkaa ja läjitystavasta johtuen korotusosassa käytettävä hiekka on rakeisuudeltaan karkeinta. Patokorotusten painumat tapahtuvat pääosin rakentamisen aikana kun materiaali saadaan tiivistettyä korotusosan padoksi lähellä materiaalin optimivesipitoisuutta.

5 Patoturvallisuus ja vahingonvaara

5.1 Turvallisuustarkkailu

Patoturvallisuuden kannalta olennaisinta on suotovesipinnan pysyminen riittävän alhaalla patomateriaalien routimisen välttämiseksi. Vesipinnan sijainti lähellä pintaa voi aiheuttaa routimista, jolloin riski sisäiselle eroosiolle kasvaa roudan löyhdyttämällä vyöhykkeillä. Tämän vuoksi suotovesipinnan asema ja roudan syvyys ovat siis jatkossakin keskeisiä mittauskohteita patojen turvallisuustarkkailussa. Mahdollisten alkavien sisäisten eroosioiden riittävän aikainen havainnointi sekä ylivuotoeroosioiden ja paikallisten ylitäyttilanteiden ehkäiseminen edellyttävät säännöllistä silmäämääristä arviointia patoalueilla. Routimisen estämisen lisäksi suotovesipinnan sijainnilla on suuri vaikutus stabiliteettiin.

Suotovesipinnan tarkkailua varten asennetaan korotusosan luiskaan uusia pohjavesiputkia poikkileikkausmaisesti nykyisiin putkiin nähden eli alkuperäisten reunapatojen A, B, C ja D -kohdille. Putket asennetaan väliojan ja lopullisen harjan tason väliin, esimerkiksi tasolle +184,0.

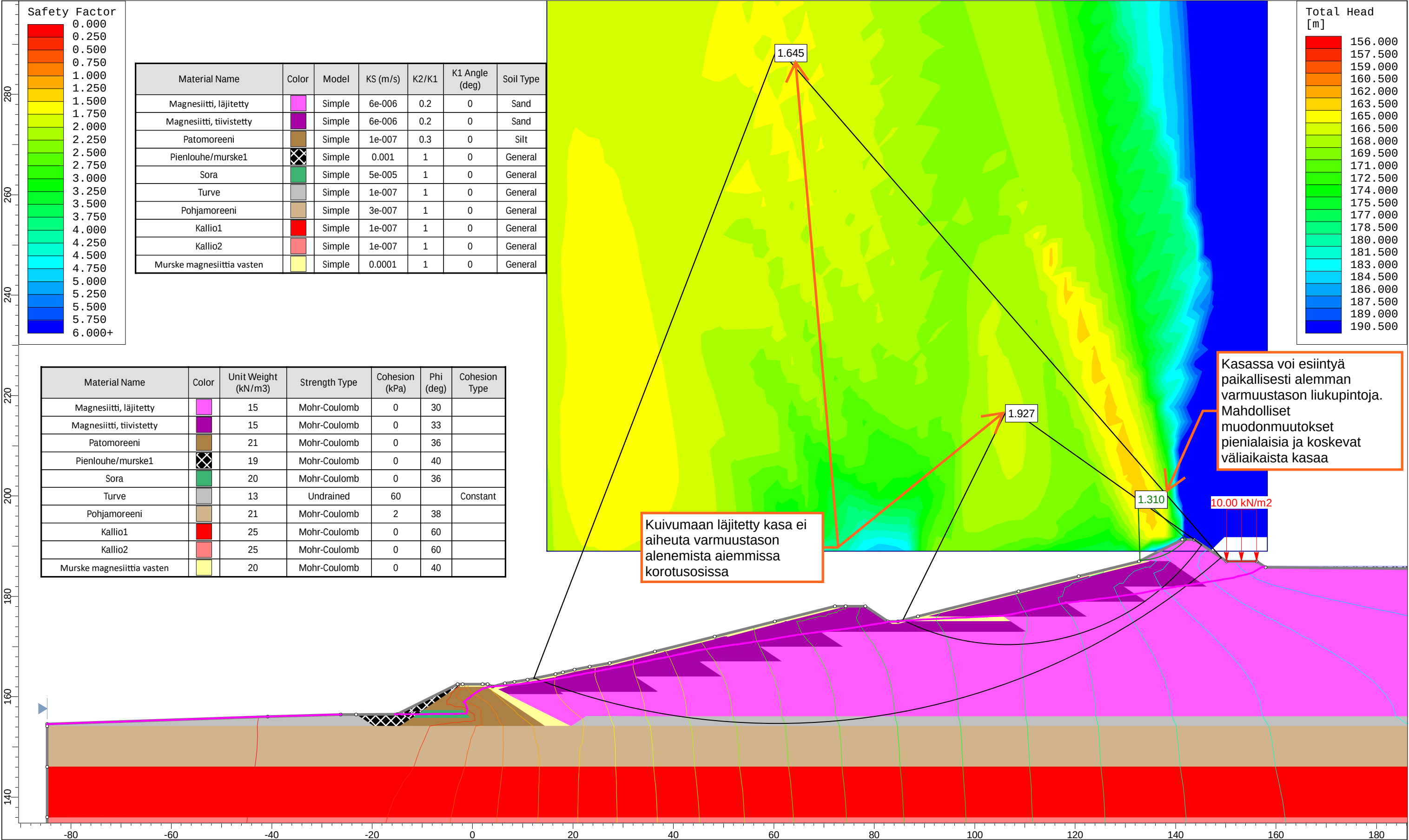
5.2 Vahingonvaara

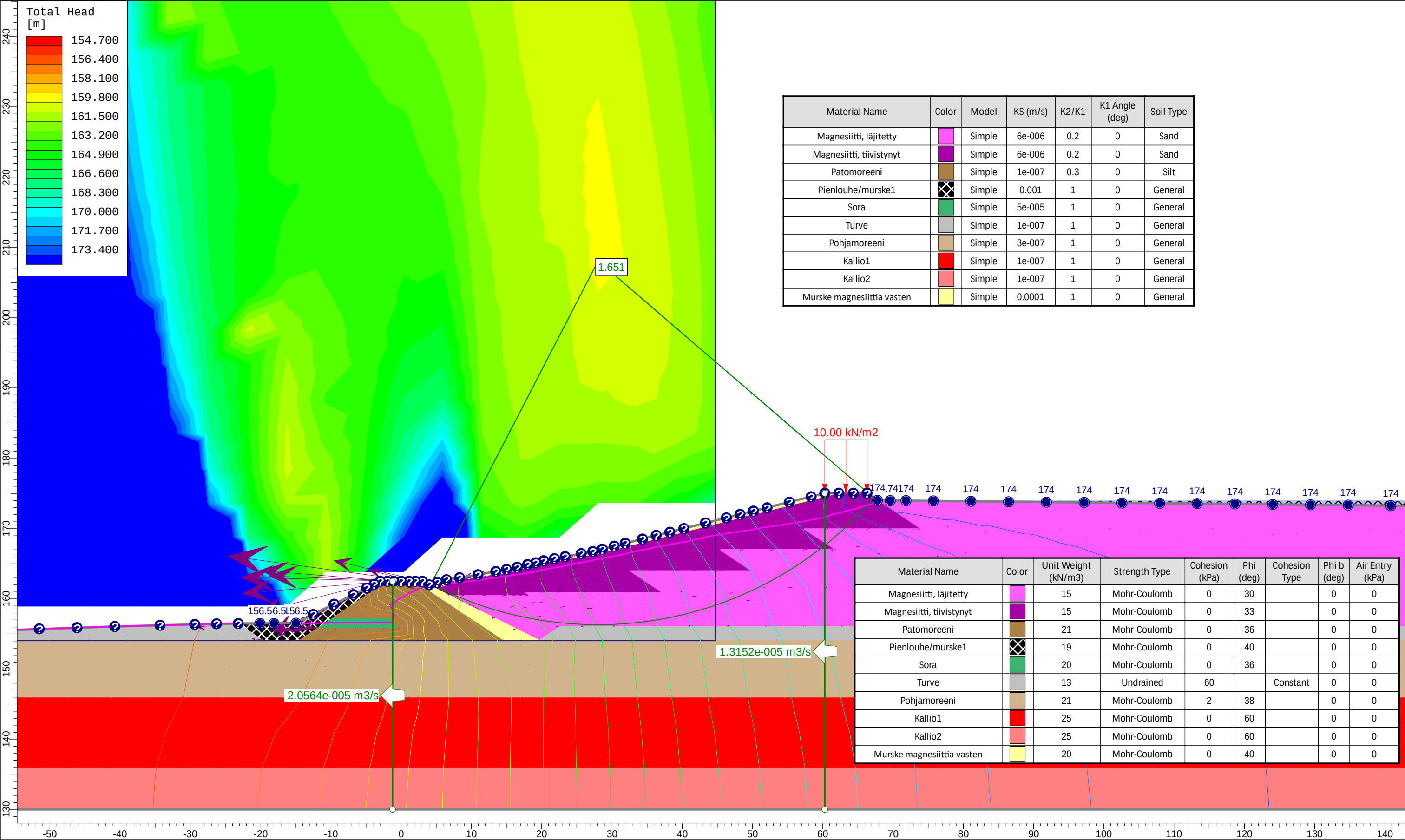
Arvio vahingonvaarasta on esitetty liitteessä 4.

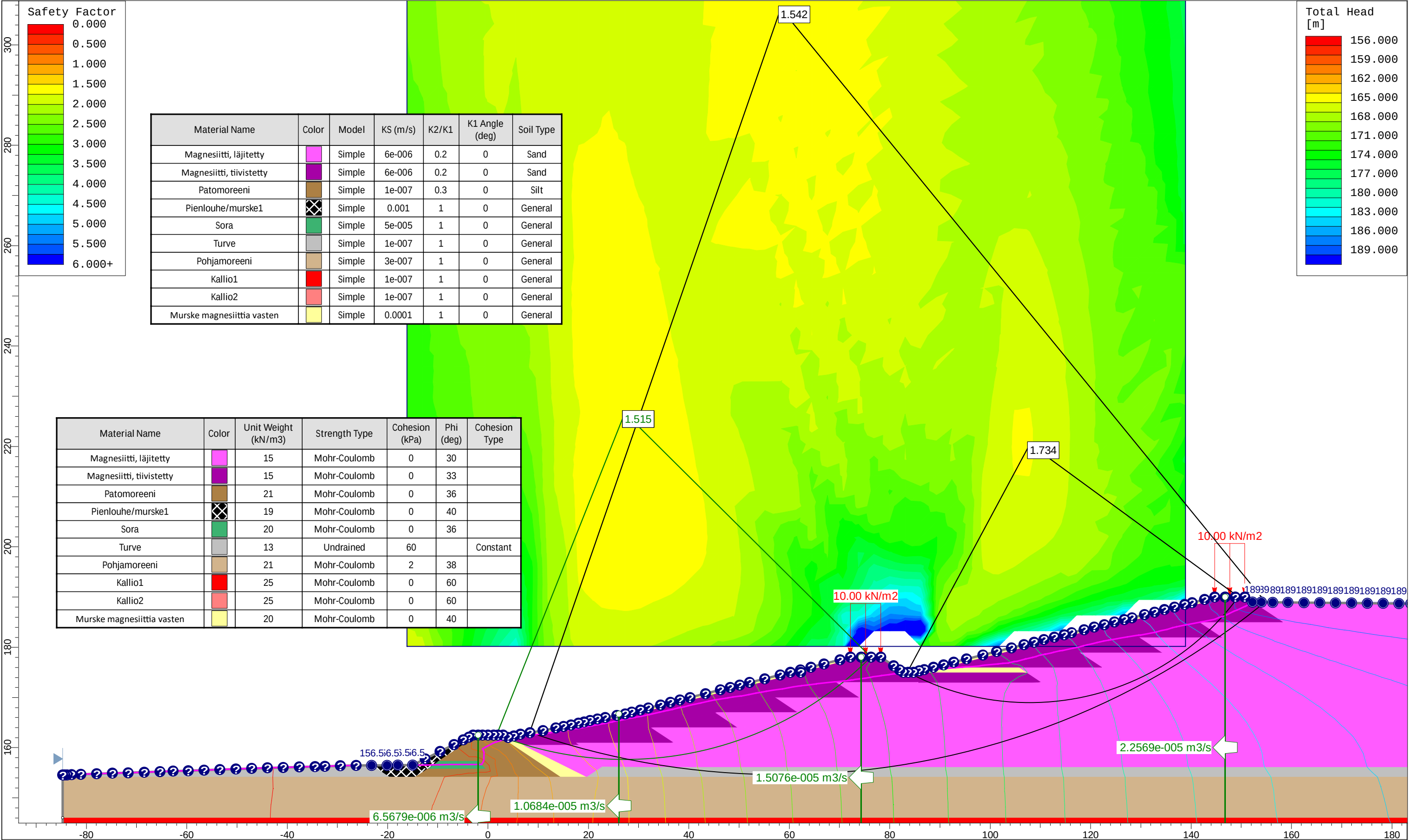
Vahingonvaara-arviossa purkautuvan rikastushiekan määrää ja leviämistä on arvioitu olettaen, että rikastushiekka asettuu altaan sisä- ja ulkopuolella samalle tasolle. Arvio purkautuvan rikastushiekan määrästä vaihtelee välillä 1,4...2,5 milj. m³ lopputilanteen korotustasolla +190,0. Rikastushiekan leviämistä on arvioitu myös laskurilla (<http://www.wise-uranium.org/ctfs.html>), jonka perusteella rikastushiekan leviämistä arvioitu lopputilanteen tasolla vaihtelee välillä 1200...1700 metriä ja purkautumisen kesto aika välillä 250...420 sekuntia. Purkautuvan vapaan veden määrä on nykyisen luvan mukaisella tasolla noin 0,2 milj. m³ ja 0,07 milj. m³ lopputilanteen korotustasolla +190,0.

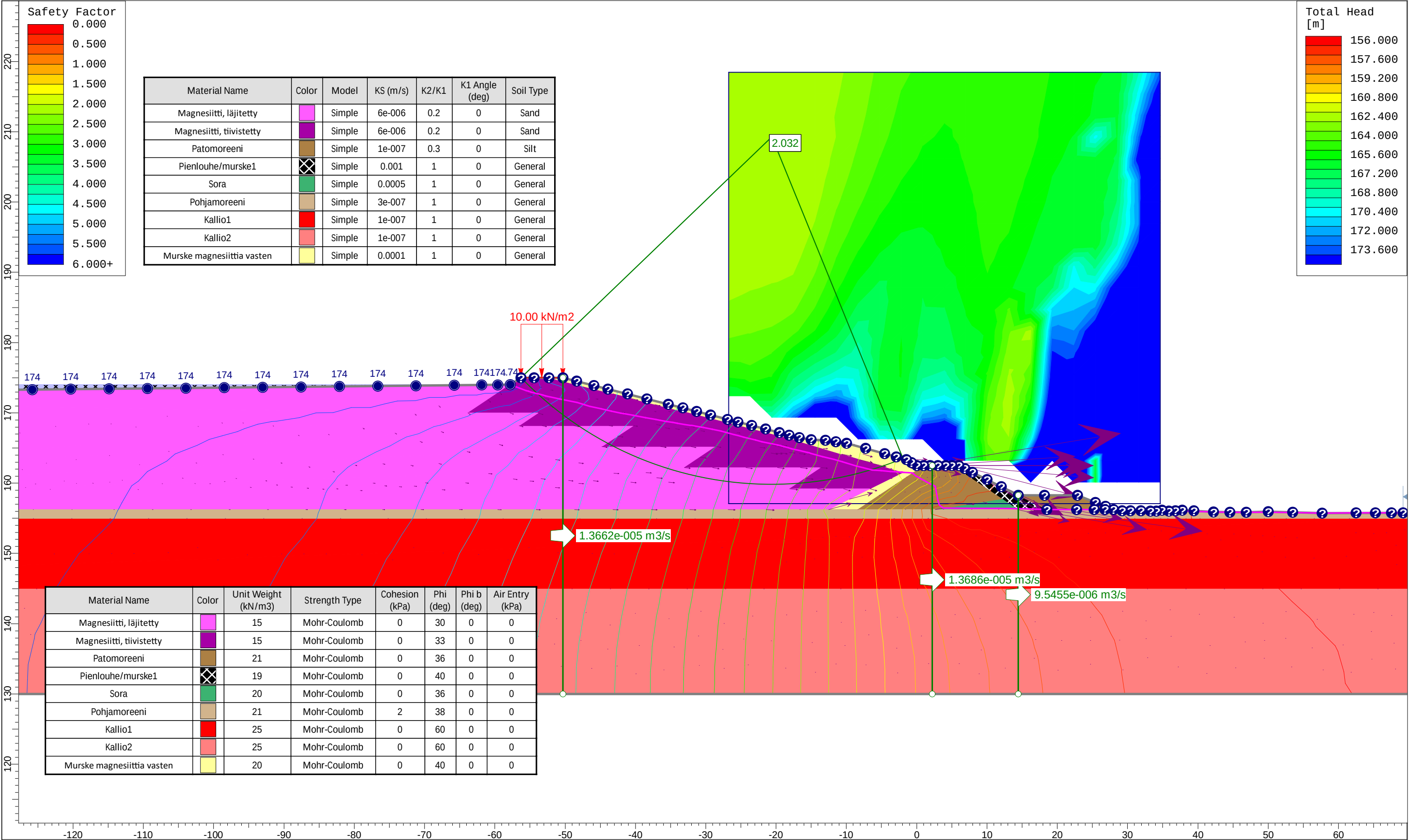
Patomurtuman sattuessa altaan pohjoisosassa alkuperäisten reunapatojen A- ja C -kohdilla, rikastushiekka leviää pohjoiseen ja jää pääosin Kotisuon alueelle. Reunapadon C- kohdalta hiekkaa voi purkautua myös itään. Reunapadon B patomurtumassa rikastushiekka leviää altaan länsipuoliselle suoalueelle. Vapaa vesi altaasta purkautuu nopeasti samalle alueelle ja edelleen Lahnasjoen altaaseen. Veden mukana myös rikastushiekkaa kulkeutuu Lahnasjoen altaaseen jossain määrin. Reunapadon D patomurtumassa rikastushiekka leviää altaan eteläpuolelle suo- ja metsäalueelle, jossa sijaitsee myös Papinlammen eteläpuolen vesiallas. Rikastushiekka leviää Papinlammen eteläpuolen vesialtaasta Lahnasjoen suuntaan sekä kaakkoon suoalueen kautta Papinmäen peltoalueelle, joka on aktiivisessa käytössä.

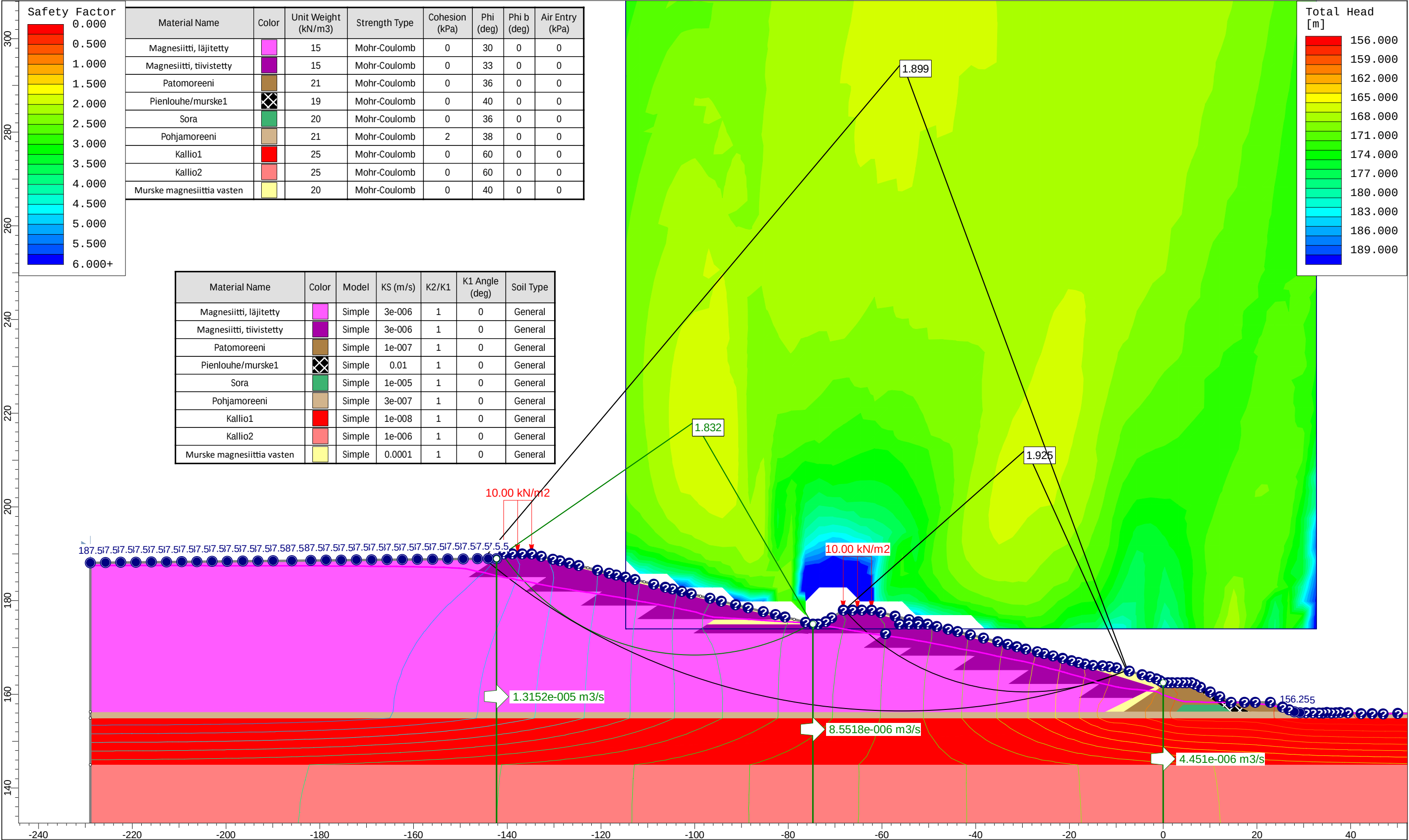
Papinlammen pato-onnettomuus voi aiheuttaa vaaraa terveydelle, sekä ympäristölle ja omaisuudelle. Vahingonvaara ei ole merkittävästi muuttunut alkuperäisestä tai edellisen korotuksen arviosta, joka on tehty olettaen altaan olevan täynnä jätevettä. Nykytilanteessa altaan kokonaistilavuus on suurempi, mutta vapaan veden määrä on selvästi pienempi. Arvioituilla rikastushiekan leviämisaueilla ei sijaitse asutusta eikä sellaisia alueita, missä ihmisiä oleilee säännöllisesti. Papinlammen altaan patojen ehdotetaan kuuluvan edelleen 2-luokkaan.

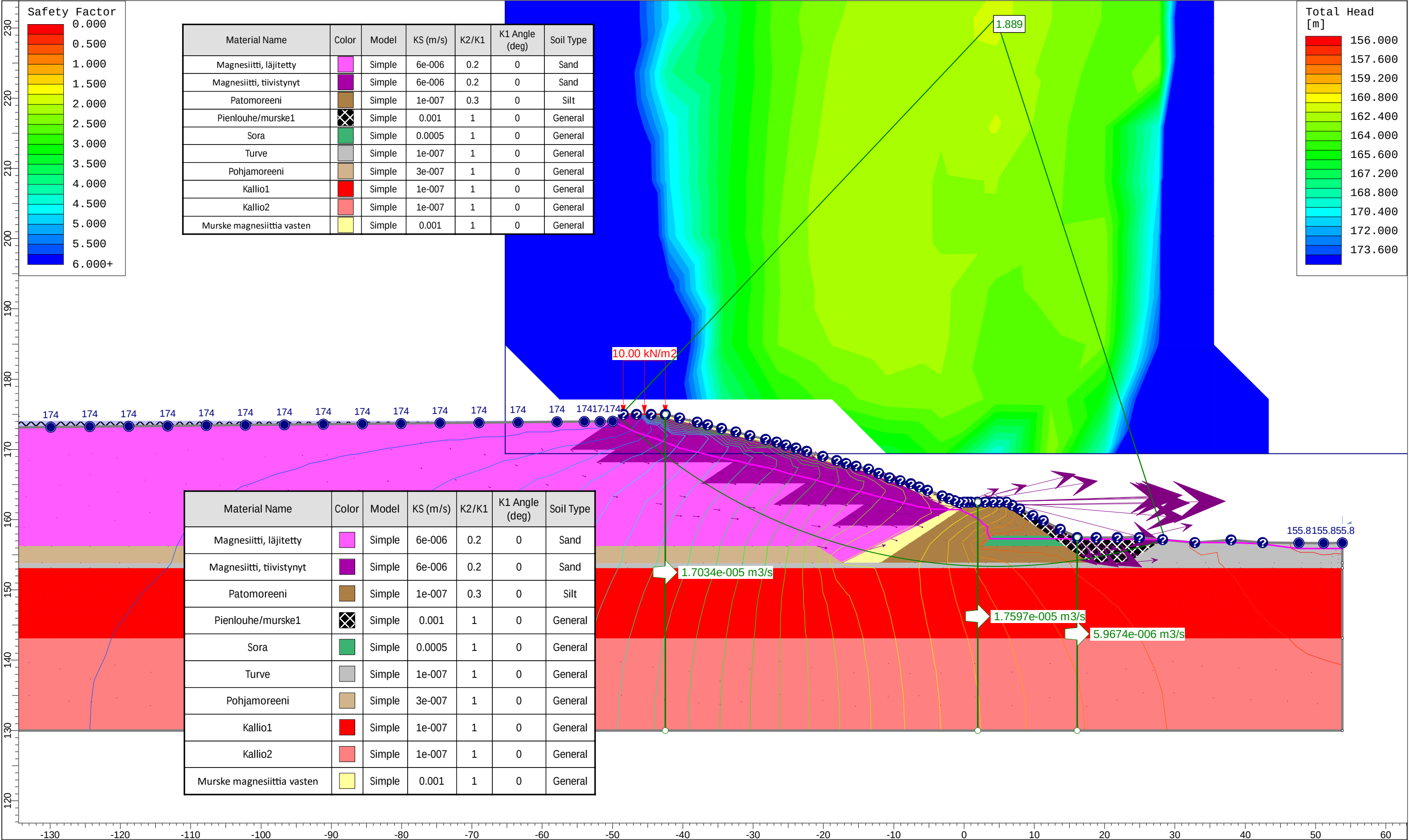


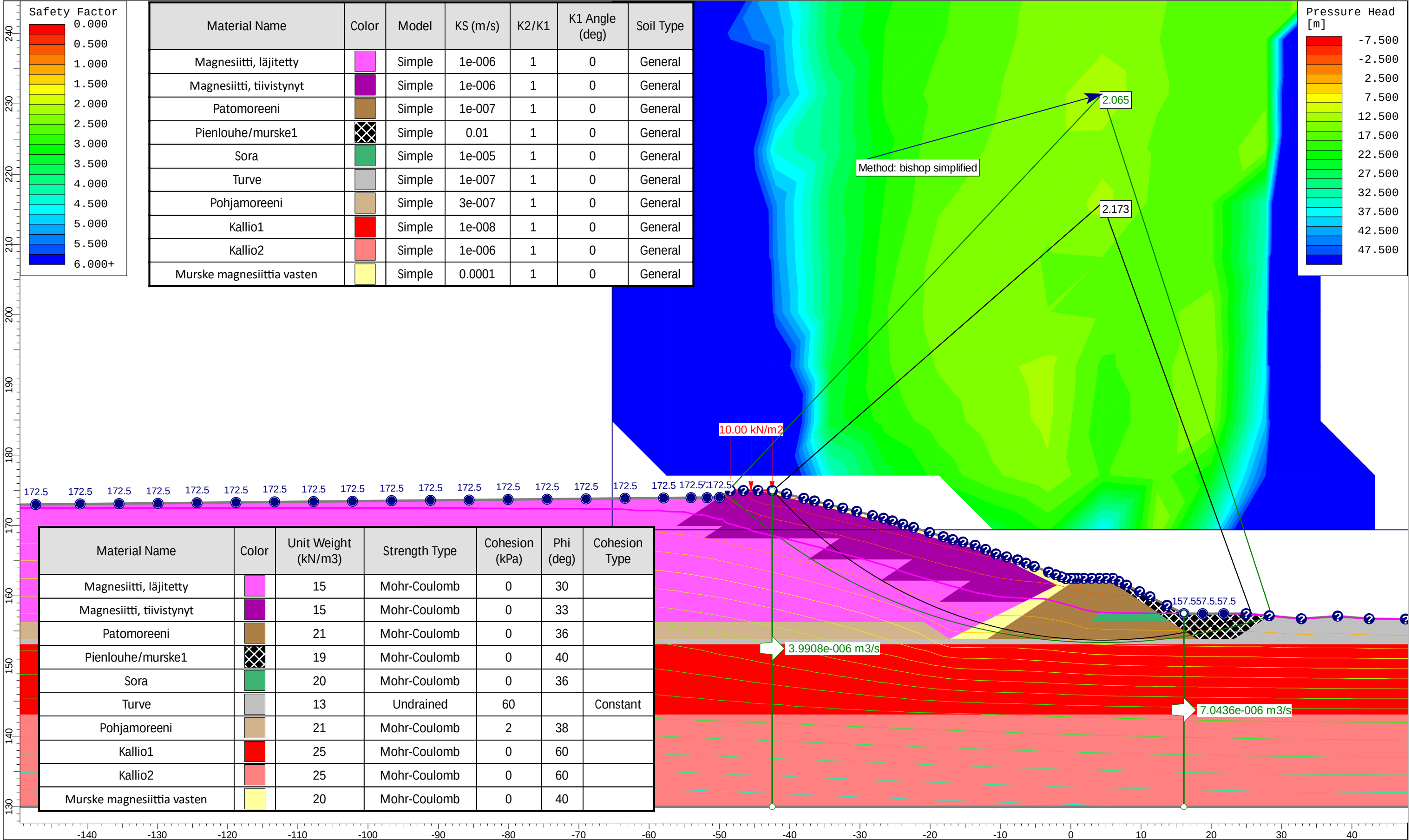


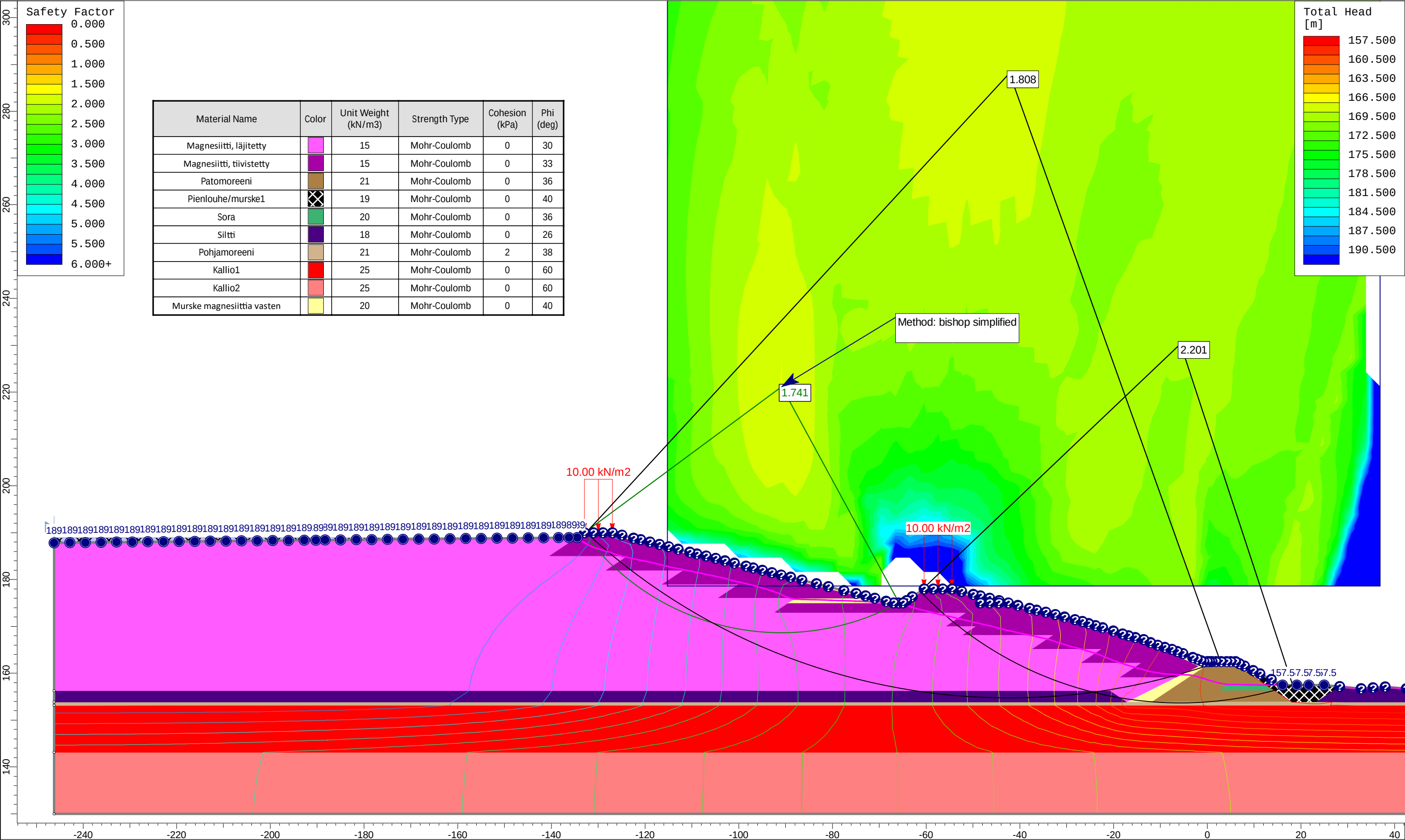


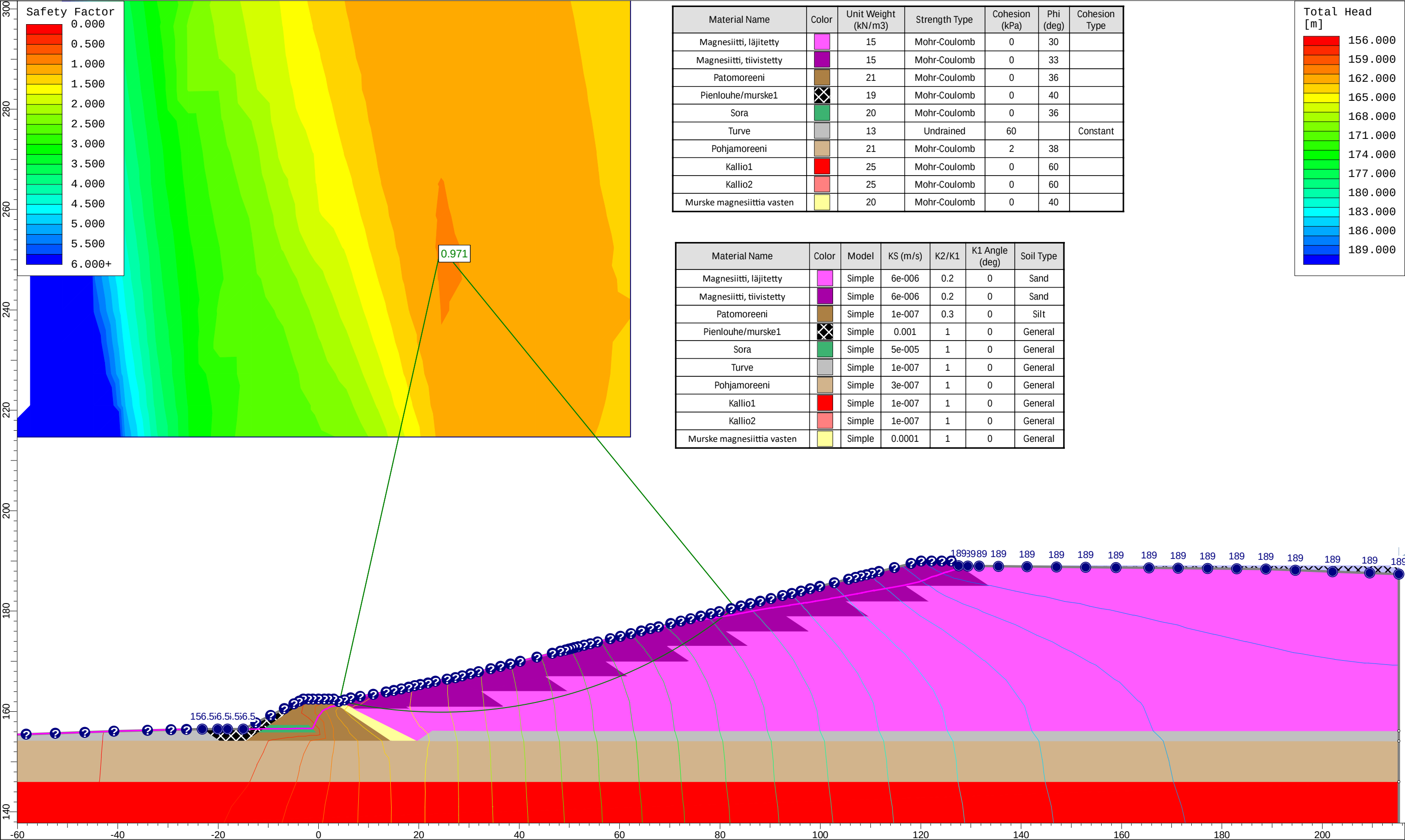










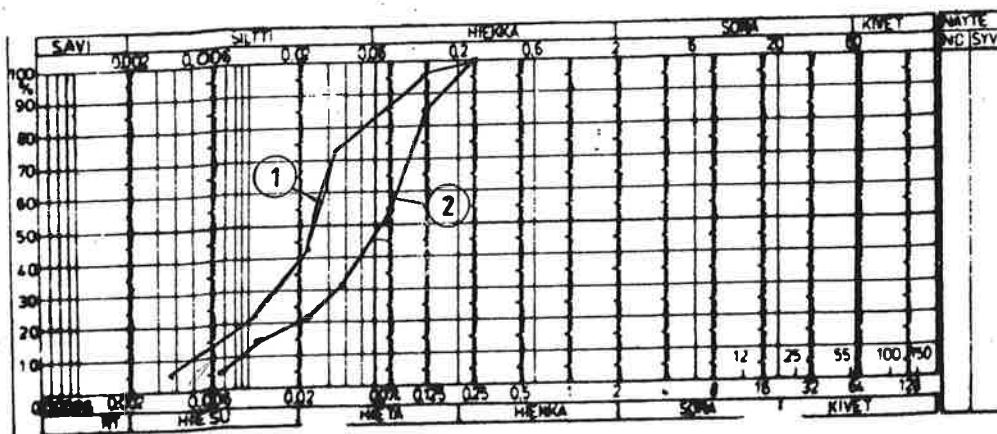


Mondo Minerals Oy, Sotkamon tehdas
Papinlammen patojen korotus rikastushiekalla

Liite 2.1
Rikastushiekan
laboratoriokoetuloksia
v. 1989

RIKASTUSHIEKAN LABORATORIOKOETULOKSIA

MAGNESIITTI



- 1 YLÄOSA
2 MÄRKÄRAJA

MAKSIMIKUIVATILAVUUSPAINO JA OPTIMIVESIPITOISUUS

- 1 YLÄOSA $\gamma_d = 21,13 \text{ kN/m}^3$, $W_{opt} = 9,4 \%$
2 MÄRKÄRAJA $\gamma_d = 20,8 \text{ kN/m}^3$, $W_{opt} = 9,8 \%$

TIIVIYSASTEET OSITTAISELLA SULLONNALLA

- sulloimen painolla $D_{kesk} = 66,6 \%$
- 5 iskua $D_{kesk} = 79,2 \%$

LUJUUSKOETULOKSET

Koesarja	Näyte- tunnus	Kuivat. paino γ_d	Tiiv. aste D_o	Selli- paine $Sp(\text{kPa})$	Kitka- kulma (°)	Kalt. $C(\text{kPa})$
	9	18,8	90,3	50		
	10	18,8	90,3	150		
	16	20,2	97,1	300		
					36,2	7,4

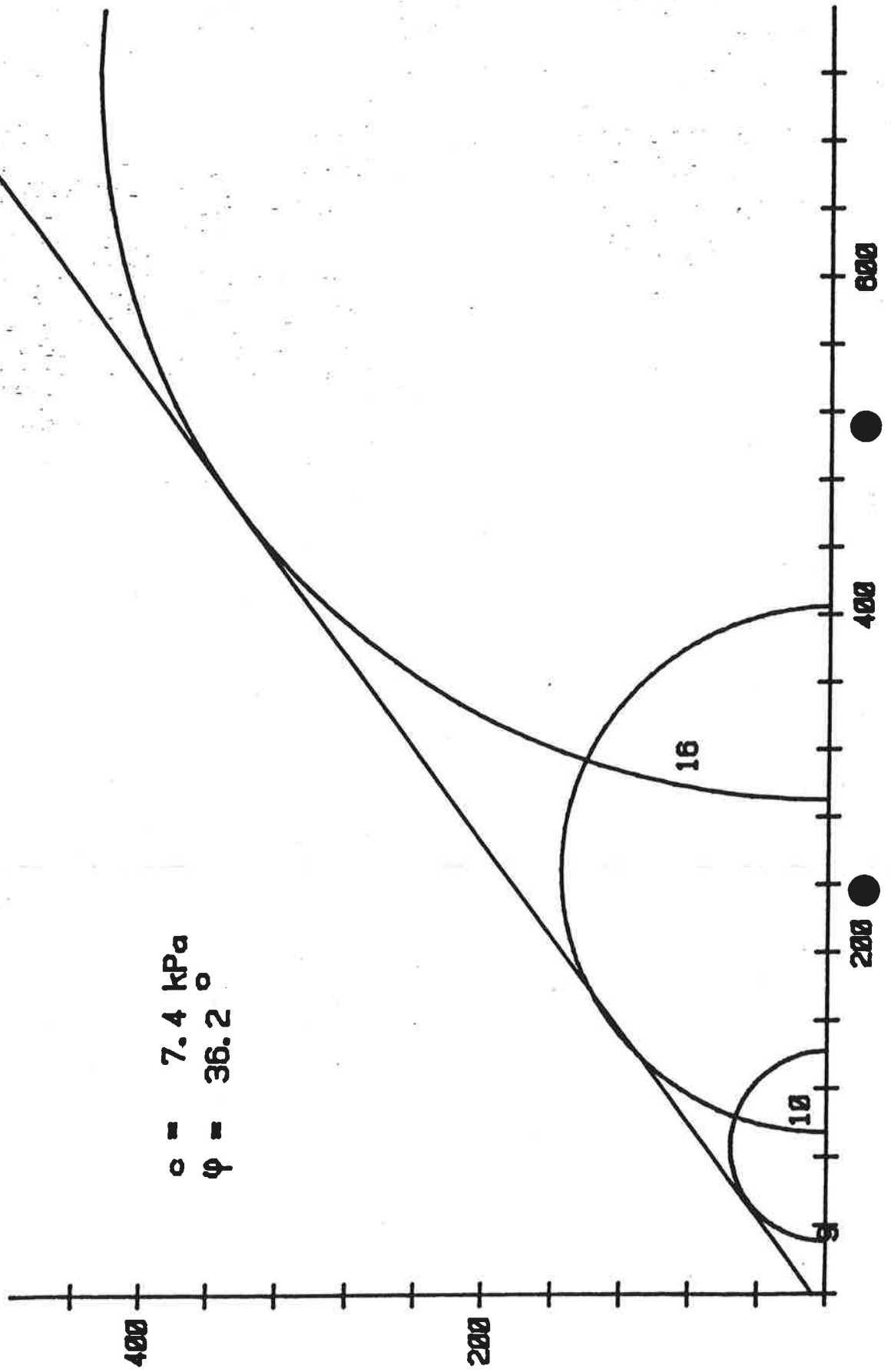
VEDENLÄPÄISEVYYDET

$$k = 7,46 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

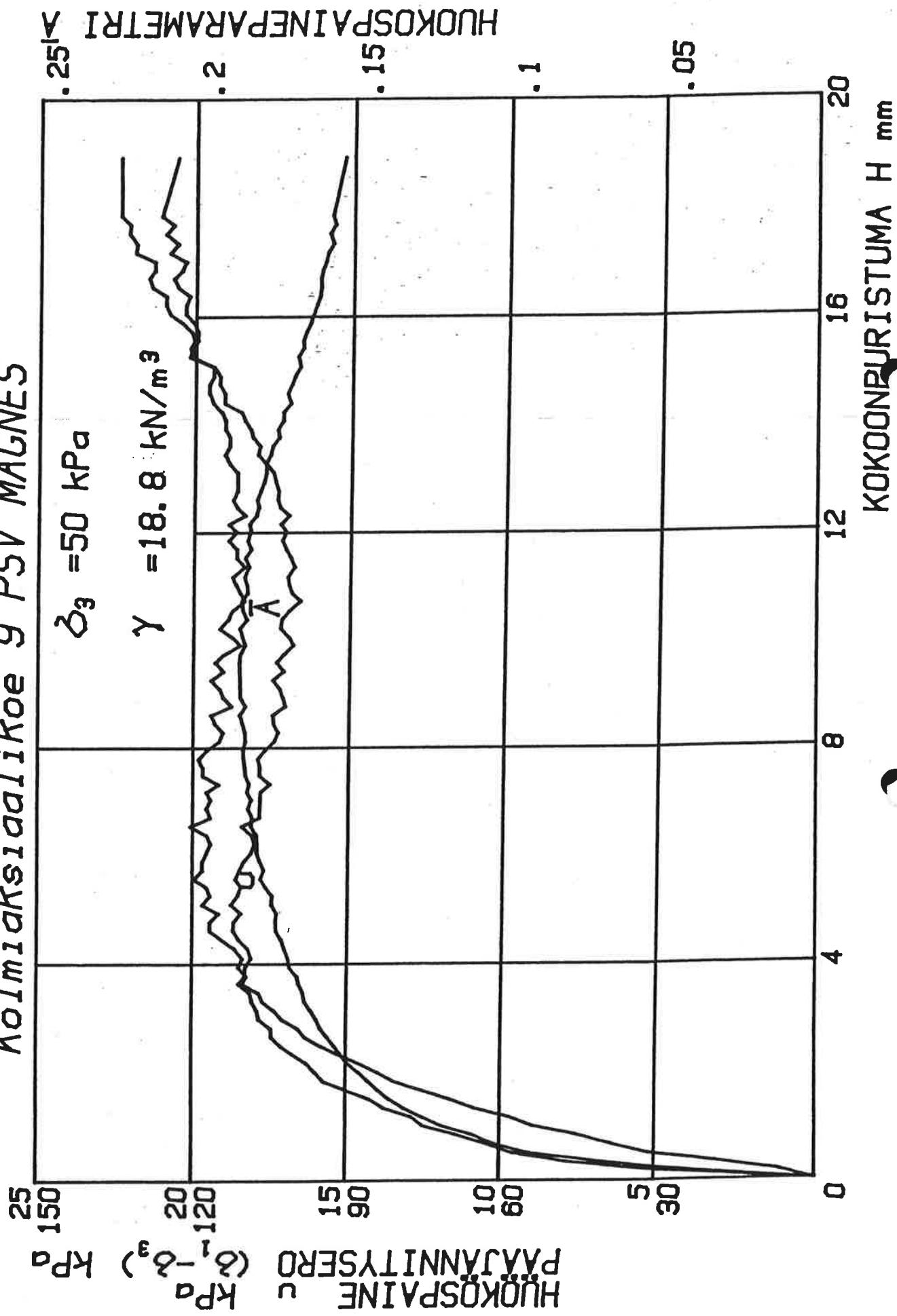
KOLMIAKSIAALIKOE : PSV MAGNESIITTI

Naytet. 9 10 16
 Sp[kPa] 50 150 300

$c = 7.4 \text{ kPa}$
 $\varphi = 36.2^\circ$



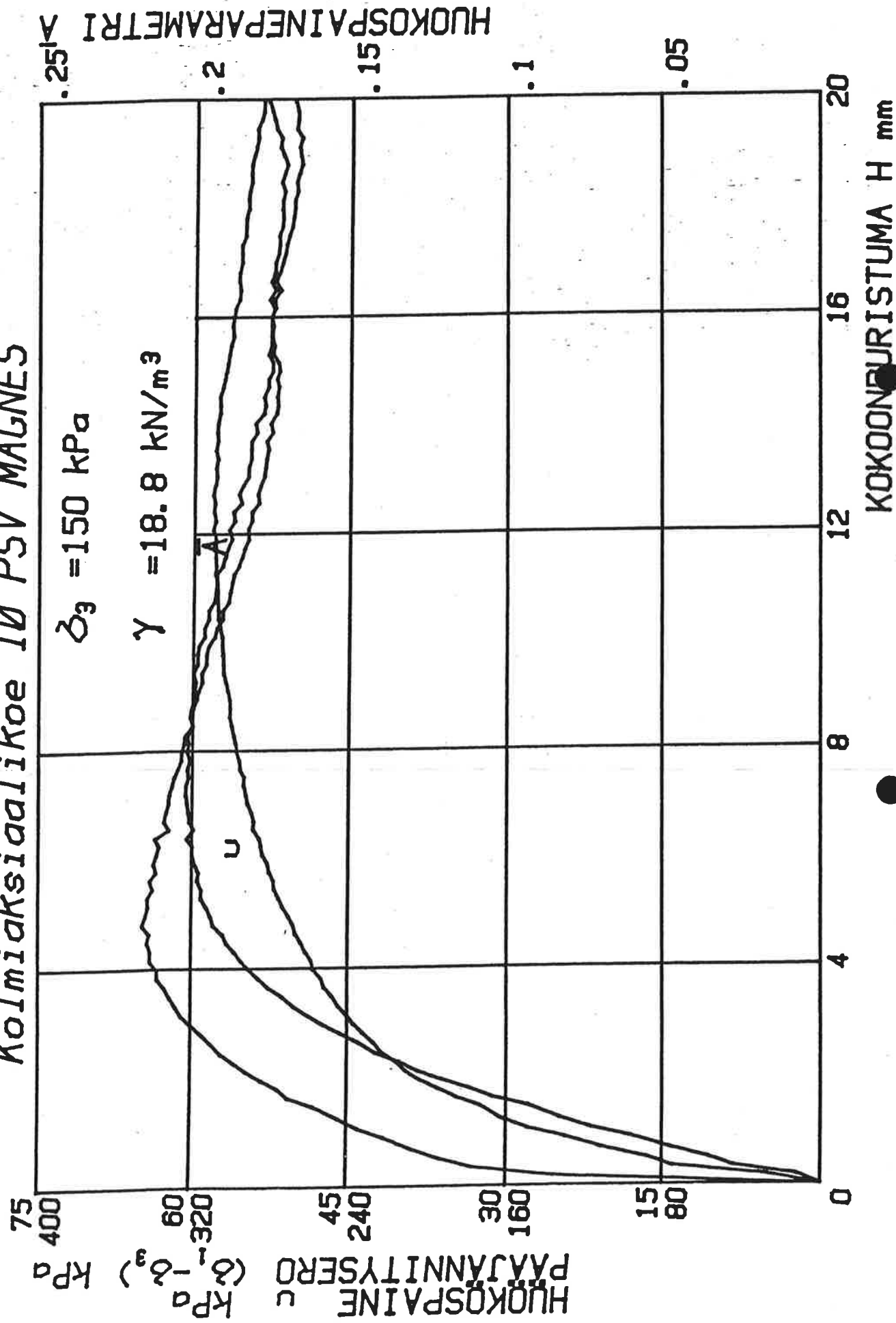
Kolmiakseliälikoe 9 PSV MAGNES



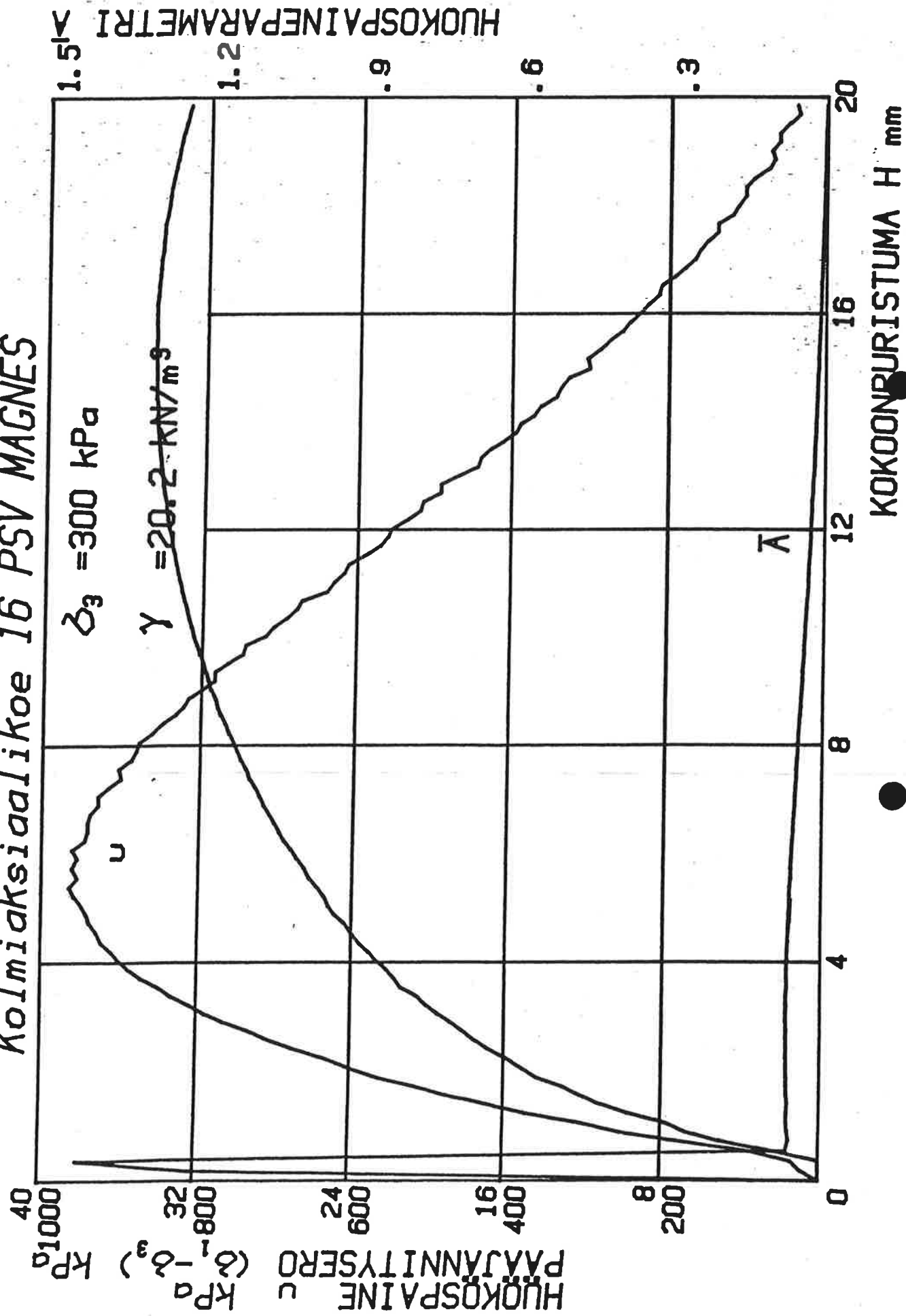
Kolmiaksaalikoe 10 PSV MAGNES

$\sigma_3 = 150 \text{ kPa}$

$\gamma = 18.8 \text{ kN/m}^3$



Kolmiaksaalikoe 16 PSV MAGNES

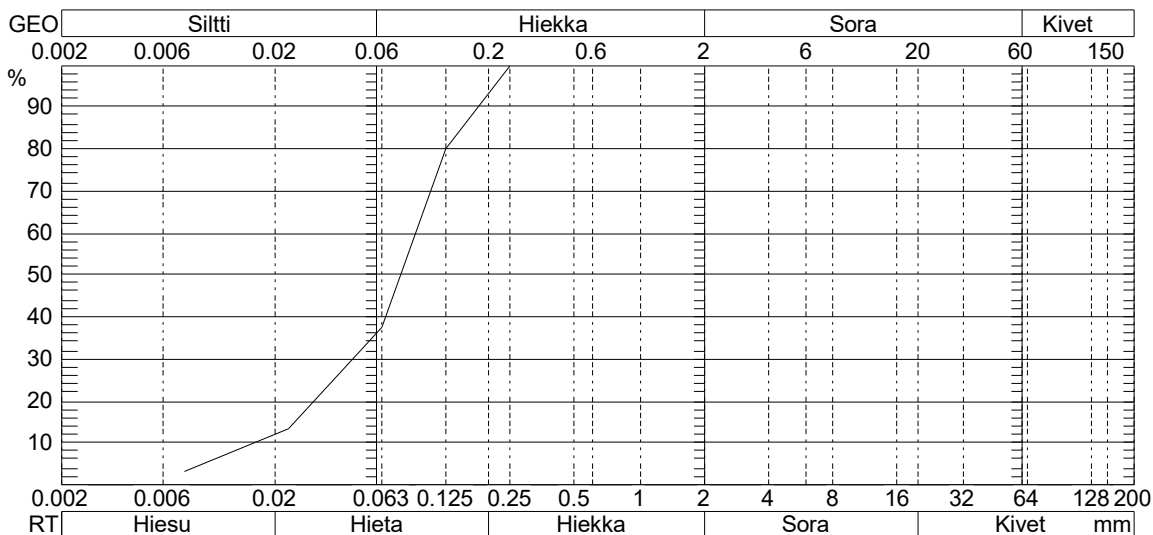


TUTKIMUSSELOSTE

Projekti	magnesiittihiekka	Työnumero	20-588
Projektinnumero		Piste	magnesiittihiekka
Tilaaja		Paalu	
Yhteyshenkilö		X	
Tielinja/Ohjelma	magnesiittihiekka	Y	
Näytteenotin		Z	

Kuvaajatunnus	_____ 1	
Tunnus	1	
Paalu		
Syvyys		
Häiriintyneisyys		
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,5 (*)	
Routivuus GEO	Routiva	
Vesipitoisuus %		
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	F(G,E)	
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	37.6	
E-moduli MPa	15-35	
Maalaji (V)	siHk	
Maalaji (Eurokoodi)	siSa	

(*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Seula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100			
31.5	100			
22.4	100			
16	100			
11.2	100			
8	100			
5.6	100			
4	100			
2	100			
1	100			
0.5	100			
0.25	100			
0.125	80.2			
0.063	37.6			
0.02	12.2			
0.006				
0.002				

Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

1	

Päiväys

15.04.2020

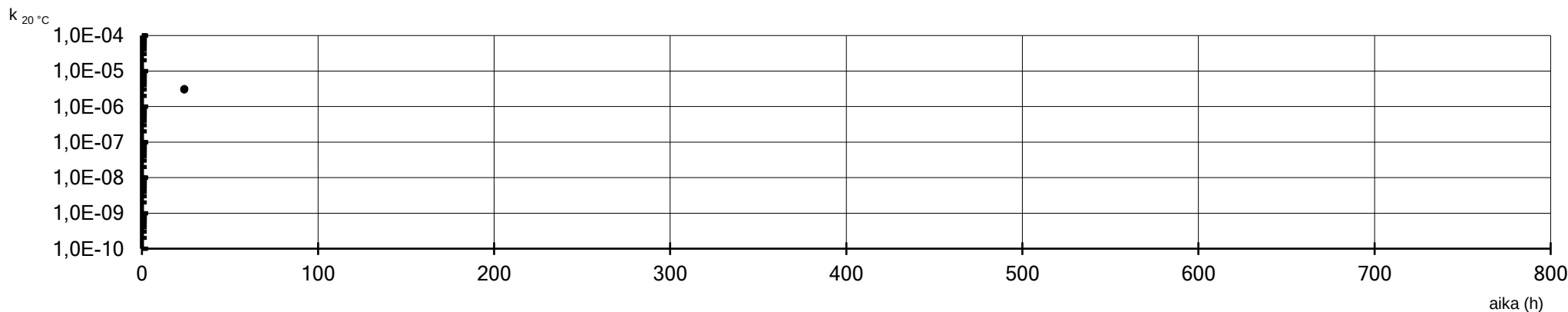
Allekirjoitus

Mitta Oy
Oulun laboratorio
Typpitie 1, 90620 Oulu
etunimi.sukunimi@mitta.fi

tilaaja **Elementis Minerals B. V. Branch FinlandOy**
näyte **magnesiittihiekka**

		näytteen ominaisuudet ennen koetta		näytteen ominaisuudet kokeen jälkeen	
materiaali	magnesiittihie	massa (g)	1945,2	massa (g)	1960,2
optimivesipitoisuus (%)		halkaisija (mm)	98	halkaisija (mm)	98
maks.kuivatil.paino (<16 mm, kN/m ³)	19,36	korkeus (mm)	117	korkeus (mm)	117
kiintotiheys (t/m ³)		vesipitoisuus (%)	21,5	vesipitoisuus (%)	22,5
mittauslämpötila (°C)	21	märkätilavuuspaino (kN/m ³)	21,6	märkätilavuuspaino (kN/m ³)	21,8
mittasellin halkaisija (mm)	30	kuivatilavuuspaino (kN/m ³)	17,8	kuivatilavuuspaino (kN/m ³)	17,8
kokeen aloitus	16.4.2020	kokeen lopetus:	17.4.2020	sullonta-aste ennen koetta (%)	92,0

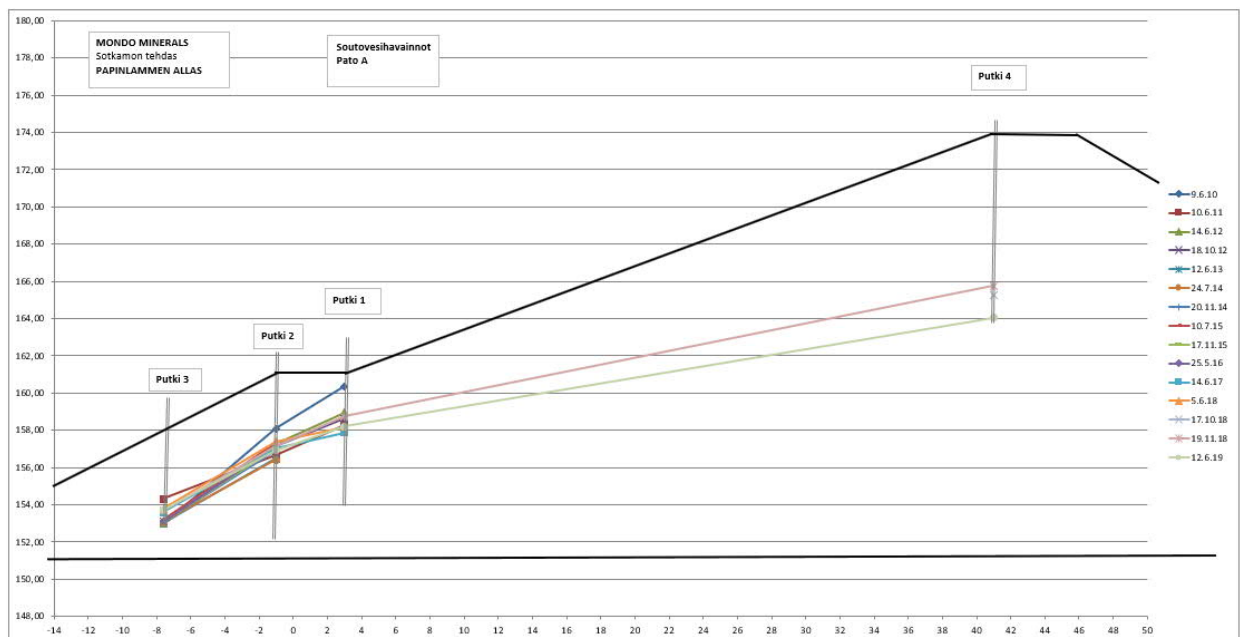
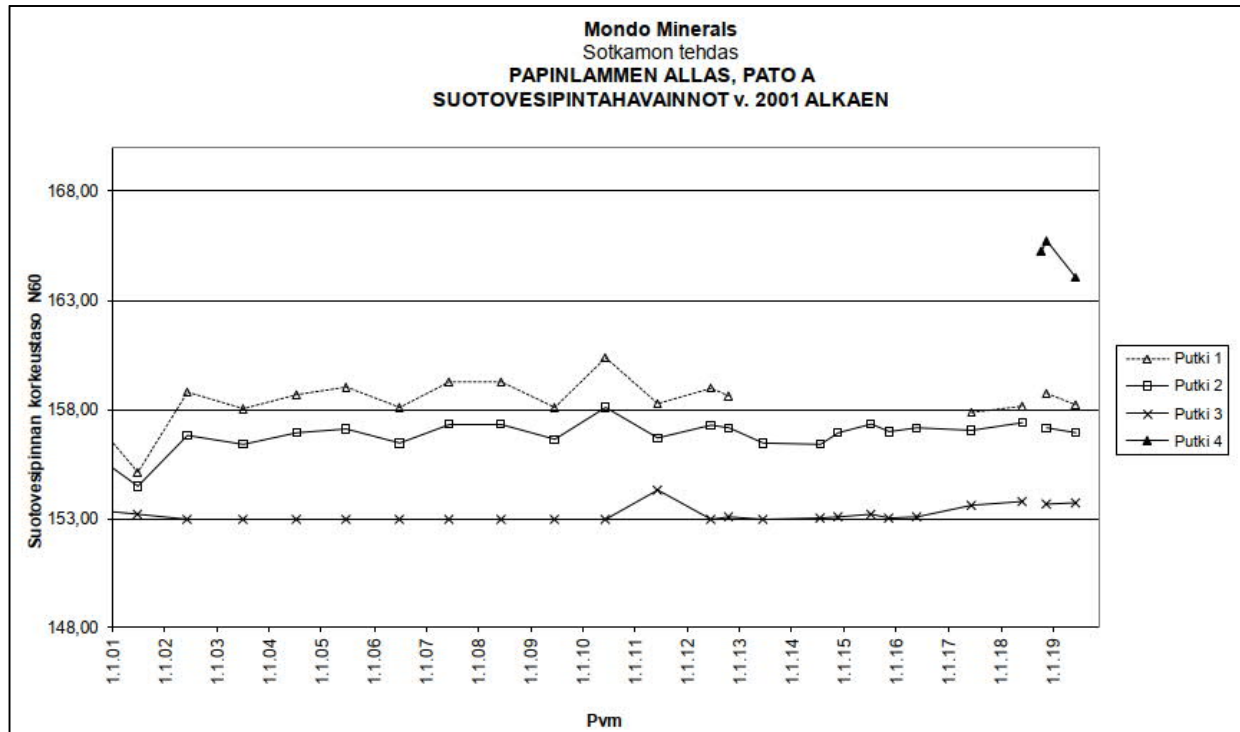
	sellipaine (kPa)	etupaine (kPa)	takapaine (kPa)	tehokas jännitys (kPa)	näytteeseen menevän ja näytteestä tulevan veden määrän suhde	hydraulinen gradientti, i	vedenläpäisevyys $k_{20^{\circ}\text{C}}$ (m/s)	log $k_{20^{\circ}\text{C}}$
1	200	112	100	94	1,00	10,3	3,0E-06	-5,52
2	200	112	100	94	1,02	10,3	3,1E-06	-5,51
3	200	112	100	94	1,00	10,3	3,0E-06	-5,53
4	200	112	100	94	0,99	10,3	3,1E-06	-5,51
						keskiarvo	3,1E-06	-5,51



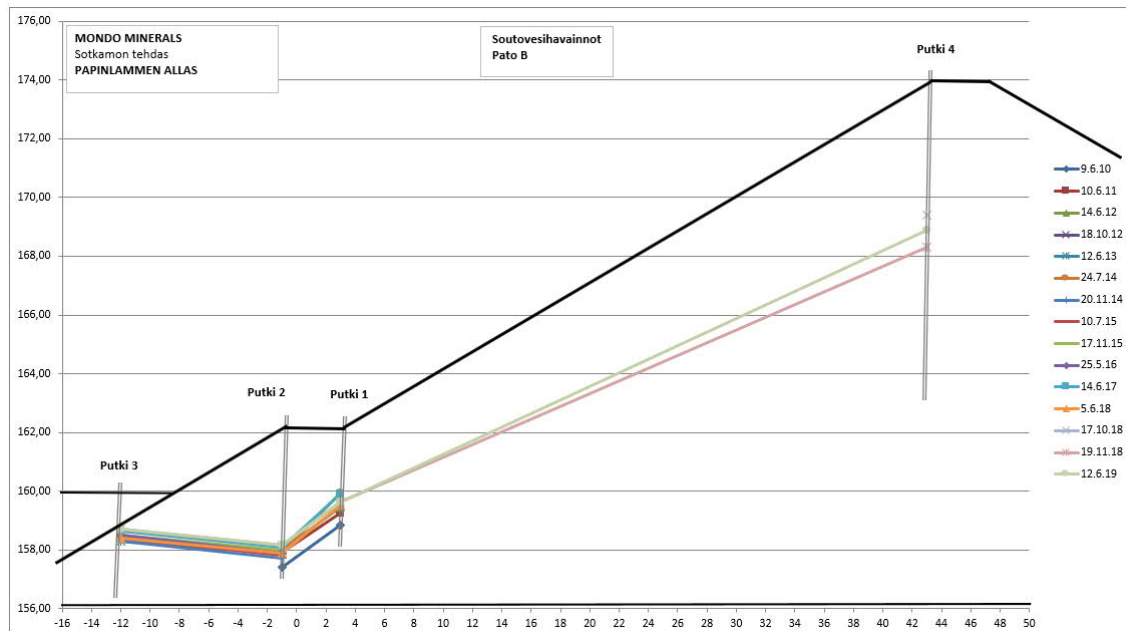
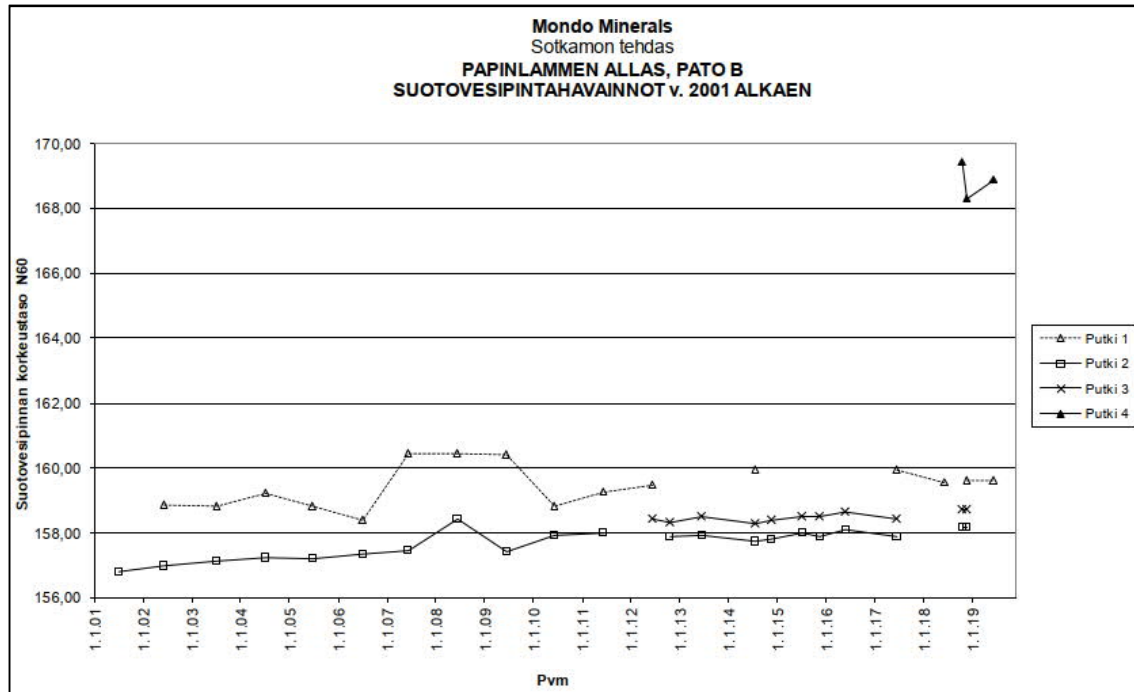
Oulussa 17.4.2020

Liite 3. Patojen suotovesipintojen havaintotiedot

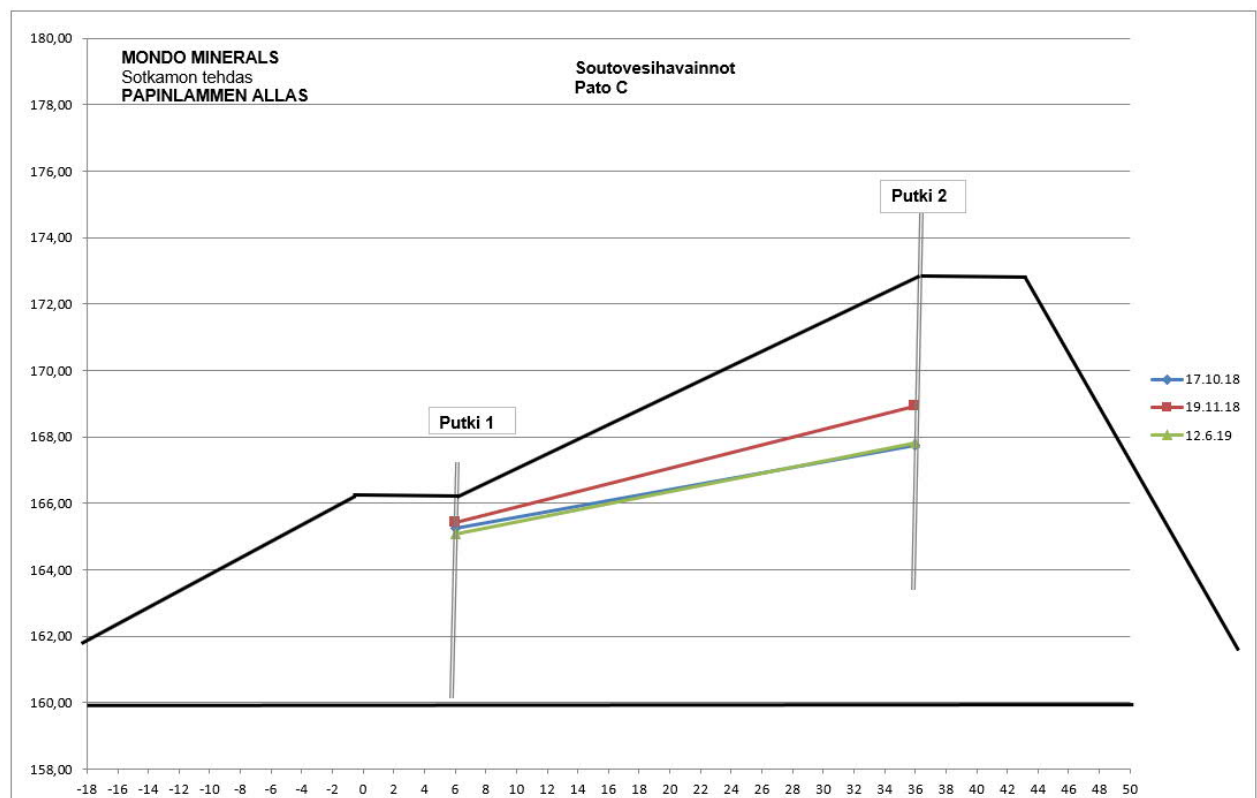
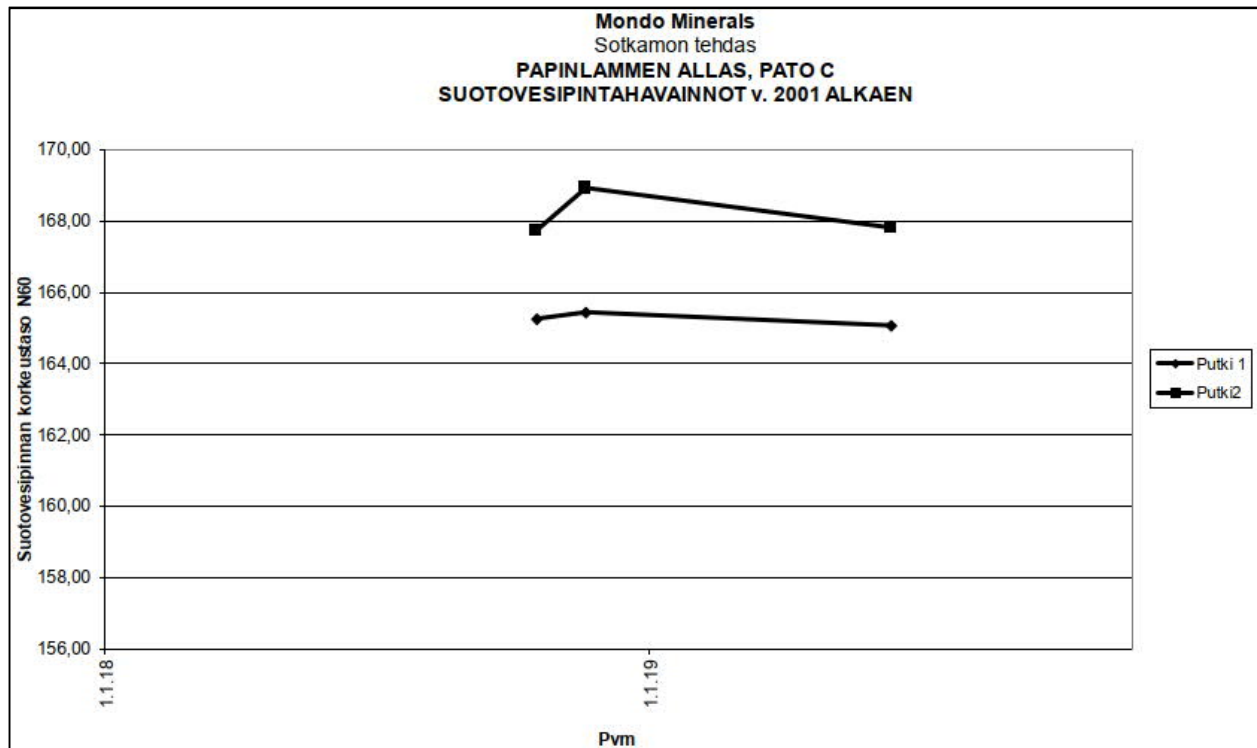
Pato A



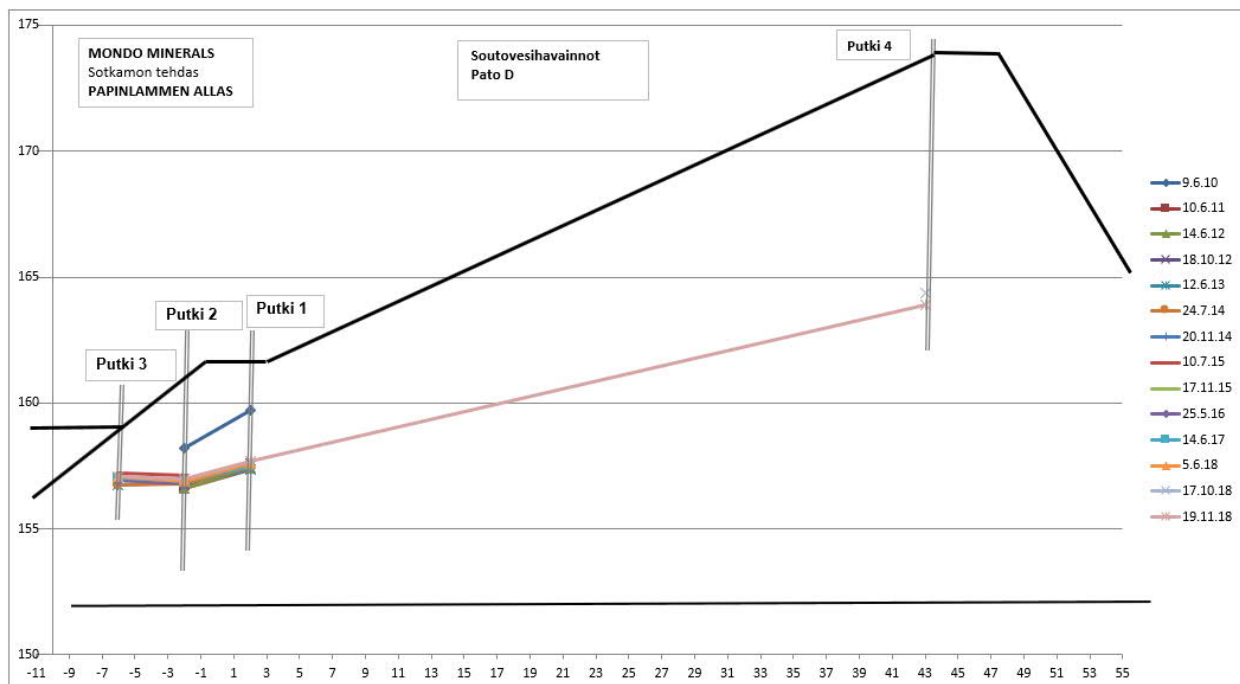
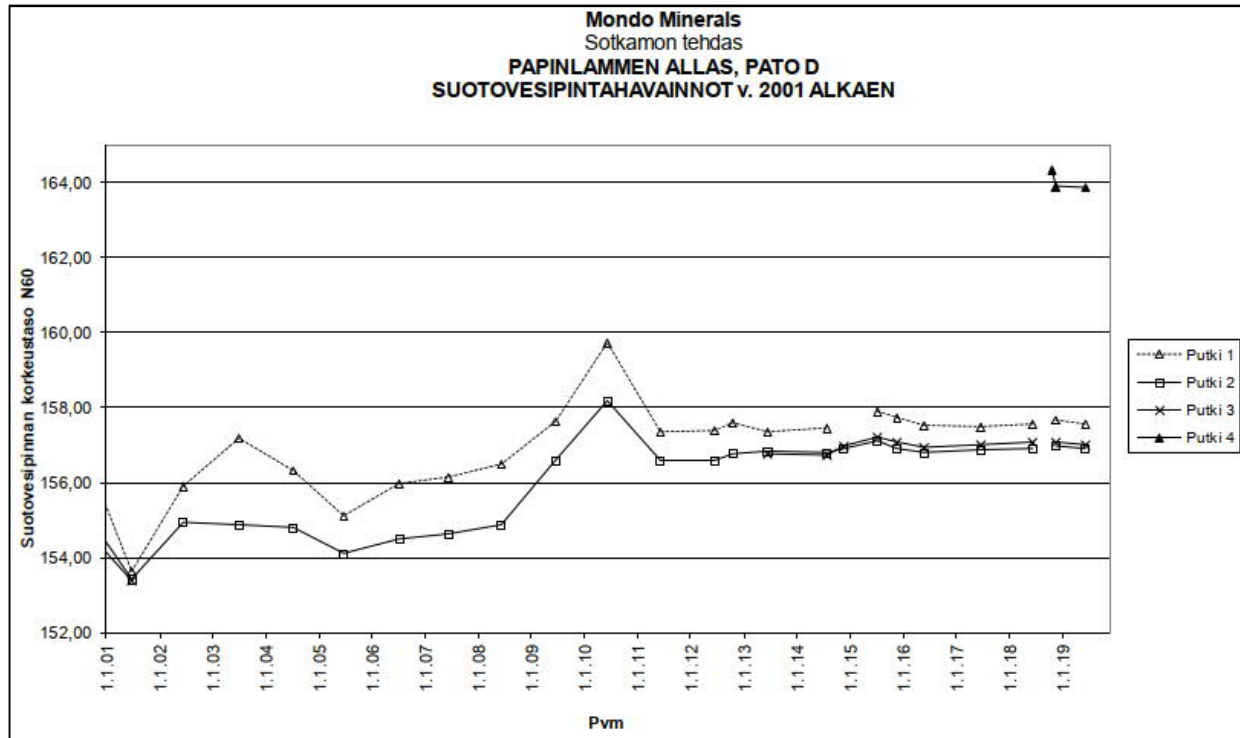
Pato B



Pato C



Pato D



TUTKIMUSSELOSTUS - PROCTORTUTKIMUS

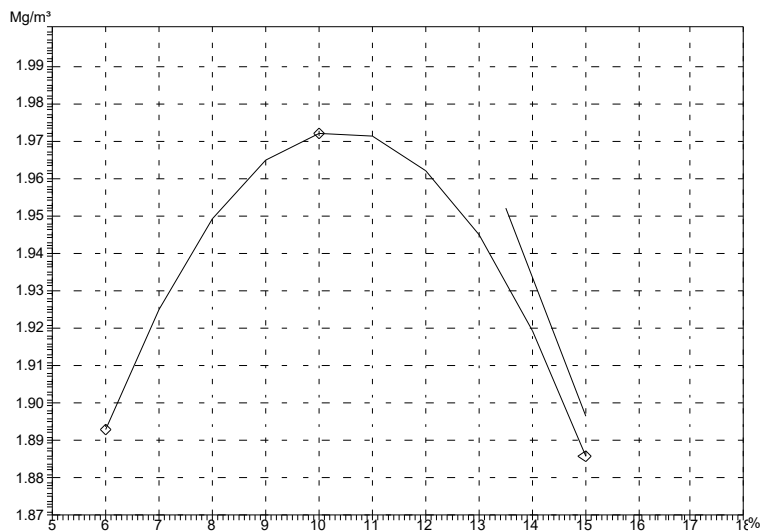
Asiakas	Elementis Minerals B.V. Branch Finland	Kunta	
Projekti	magnesiittihiekka	Materiaali	magnesiittihiekka
Urakoitsija		Lajite	magnesiittihiekka
Paikka		Diaarinro	20-588
Yhteyshenkilö		Kasa	

Näytetunnus	1	Näytteenottaja	Asiakas
-------------	---	----------------	---------

Kokeen nimi	Menetelmä	Tulos
Proctor-koe	SFS-EN 13286-2:2011	1.973 Mg/m ³ w = 10.41 %

Muotin tilavuus [cm ³]	995
Muotin massa [g]	5113

Maksimi kuivairtotiheys [Mg/m ³]	1.973
Optimivesipitoisuus [%]	10.41
Kiintotiheys [Mg/m ³]	2.65
Kivisyys [%]	0.0
Maksimi kuivairtotiheys, korj. [Mg/m ³]	1.973
Optimivesipitoisuus, korj. [%]	10.41



Jakelu	aki.mursula@elementis.fi
--------	--------------------------

Päiväys 15.04.2020 Allekirjoitus _____ Mitta Oy
 Typpitie 1
 90620 Oulu
 etunimi.sukunimi@mitta.fi

15.5.2020

Elementis Minerals B.V.
Branch Finland

PATOSORTUMAN VAHINGONVAARA-ARVIO
Papinlammen rikastushiekka-allas
Korotussuunnitelman liite

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © AFRY Finland Oy

Yhteystiedot

Elektroniikkatie 13
FI-90590 OULU
Finland
Kotipaikka Vantaa, Finland
Y-tunnus 0625905-6
Tel. +358 10 33 11

AFRY Finland Oy

Sisältö	1
1 PERUSTIEDOT	2
2 ALTAIDEN VIRTAAUSJÄRJESTELYT	2
3 SELVITYS JÄTTEEN LAADUSTA ALTAASSA	2
4 PATOMURTUMATAPAUKSET	5
4.1 Patomurtuman laskentaperusteet	5
4.2 Patomurtuma alkuperäisen padon A kohdalla	5
4.3 Patomurtuma alkuperäisen padon B kohdalla	6
4.4 Patomurtuma alkuperäisen padon C kohdalla	8
4.5 Patomurtuma alkuperäisen padon D kohdalla	9
5 PATOSORTUMAN TERVEYS- JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	10
5.1 Patomurtuma alkuperäisen padon A kohdalla	10
5.2 Patomurtuma alkuperäisen padon B kohdalla	11
5.3 Patomurtuma alkuperäisen padon C kohdalla	12
5.4 Patomurtuma alkuperäisen padon D kohdalla	12
6 VARAUTUMINEN PATO-ONNETTOMUUTEEN	13
7 VAHINGONVAARAN VAIKUTUS PATOLUOKITUKSEEN	13
8 LÄHTEET	14

Liitteet

Liitekartta 1	Rikastushiekan leviämisalue, Patomurtuma A
Liitekartta 2	Rikastushiekan leviämisalue, Patomurtuma B
Liitekartta 3	Rikastushiekan leviämisalue, Patomurtuma C
Liitekartta 4	Rikastushiekan leviämisalue, Patomurtuma D

**PATOSORTUMAN VAHINGONVAARA-ARVIO SEKÄ TERVEYS- JA
YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI****Papinlammen rikastushiekka-allas
Korotussuunnitelman liite****1 PERUSTIEDOT**

Papinlammen rikastushiekka-allas on ollut käytössä vuodesta 1990. Alun perin allas on rajautunut luontaisiin mäkiin sekä näiden väliin rakennettuihin moreenipatoihin. Moreenipatojen harjan taso on ollut +162,50 (N60) ja HW-taso +160,50 (N60). Allasalueen patoja on korotettu magnesiittihiekalla altaan sisäpuolelta. Padotun altaan kokonaispinta-ala on noin 40 hehtaaria. Padon harjan taso on ollut vuoden 2019 kesällä +174,00 m (N60) ja altaan täyttötaso noin +173,00 m. Altaan kokonaistäyttötilavuus nykyisen luvan mukaiselle korotustasolle on arvioilta noin 6,1 milj.m³. Papinlammen altaan pato on luokiteltu 2-luokan padoksi.

Altaan patoja on suunniteltu korotettavaksi tasolle +190,00 m (N60), jolloin kokonaistäyttötilavuus on arviolta noin 9,9 milj.m³.

Tämä vahingonvaara-arvio on päivitetty vastaamaan korotuksen mukaista vahingonvaaraa.

2 ALTAIDEN VIRTAAUSJÄRJESTELYT

Läjäytys tapahtuu spigotoimalla reunapadon korotusosalta siten, että lietteen virtausmatka saadaan pidettyä mahdollisimman pitkänä ja veden erottuminen lietteestä maksimoidaan. Rakeisuudeltaan karkein osa magnesiittihiekasta jää purkupisteen läheisyyteen ja hienoin kulkeutuu veden mukana kauimmas.

Vedet kerätään dekantointikaivoilla, joita on altaan sisällä käytössä 2 kpl. Yksi kaivo (tai purkuputki) on mennyt tukkoon vuonna 2018, jonka jälkeen sille on rakennettu korvaava kaivo purkuputkineen.

3 SELVITYS JÄTTEEN LAADUSTA ALTAASSA

Magnesiittihiekka syntyy talkin rikastuksen sivutuotteena ja se koostuu pääosin magnesiitti- (75-80 %) ja talkkimineraaleista (10-15 %). Muita mineraaleja ovat kloriitti, dolomiitti ja sulfidimineraalit. Nikkeli- ja arseenisulfidien osuus on alle 0,5 %. Mineraalikoostumuksen perusteella neutraloivien karbonaattien määrä on yli 80-kertainen happoa tuottavien rautasulfidien määrään verrattuna. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty magnesiittihiekan kemiallinen koostumus, perustuen Räisäsen (2004) tutkimusraporttiin Magnesiittihiekan ympäristökelpoisuus sekä GTK ja Mondo Mineralsin Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailutuloksiin (Pöyry 2013).

Vuositarkastuspöytäkirjojen mukaan vapaan veden etäisyys padosta on vaihdellut välillä 30 – 150 m. Vesipinta-ala altaassa on 15 – 20 hehtaaria. keskisyvyyden ollessa noin 1 m, vapaan veden määrä altaassa on arviolta 150 000 – 200 000 m³. Vesipinta-ala pienenee korotusten edetessä siten, että lopullisella korotustasolla vesipinta-alan

arvioidaan olevan 5 – 7 hehtaaria ja tilavuuden vastaavasti 50 000 – 70 000 m³. Taulukossa 3 on esitetty prosessiveden mitatut laatutiedot.

Magnesiittihiekka sisältää haitallisina aineina lähinnä arseenia ja nikkeliä. Arseenipitoisuus on uusien tarkkailutulosten mukaan hieman aiempaa korkeampi, ylittäen myös PIMA ylemmän ohjearvon. Nikkelin pitoisuus myös ylittää PIMA ylemmän ohjearvon. Elohopeaa, kadmiumia ja lyijyä rikastushiekassa ei ole ollut mitattavina pitoisuuksia tarkkailutulosten mukaan. Rikastushiekan neutralointipotentiaali on korkea (NPR 6,7 – 14,6), joten sillä ei ole happamoitumispotentiaalia. Tarkkailussa tehtyjen liukoisuuskokeiden mukaan arseenin liukoisuus ylittää tavanomaisen jätteen kaatopaikalle asetetun viitearvon. Muilta osin haitallisten aineiden liukoisuudet ovat vähäisiä.

Rikastushiekka-altaan vesi on emäksistä, pH noin 8,5. Vesi sisältää arseenia 1,2 mg/l ja nikkeliä 0,2 mg/l. Veden sulfaattipitoisuus on 900 mg/l, ja se sisältää myös muita elektrolyyttejä, minkä vuoksi veden tiheys luonnonvettä suurempi. Ravinteita allasvesi ei aikaisemman tiedon mukaan sisällä sanottavasti eikä siinä ole happea kuluttavia yhdisteitä.

Taulukko 1. Lahnaslammen magnesiittihiekan kemiallinen koostumus, pääalkuainepitoisuudet (Räisänen 2004, Pöyry 2013).

Alkuaine	Yksikkö	Tuore magnesiitti-hiekka	Vanha magnesiitti-hiekka
Al	g/kg	3,39	4,18
Fe	g/kg	68,9	64
K	g/kg	0,13	0,11
Mn	g/kg	1,27	1,25
Na	g/kg	< 0,50	< 0,50
Ni	mg/kg	1279	619
Si	g/kg	28,2	39,8
Ti	g/kg	0,18	0,16
S	g/kg	5,13	0,56
Ca	g/kg	3,83	2,22
Mg	g/kg	236	234
C	g/kg	119	110

Taulukko 2. Lahnaslammen magnesiittihiekan kemiallinen koostumus, (Räisänen 2004, Pöyry 2013).

Alkuaine	Yksikkö	Tuore magnesiitti-hiekka	Vanha magnesiitti-hiekka	Kynnysarvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo
As	mg/kg	85	62	5	50	100
Co	mg/kg	49	40	20	100	250
Cu	mg/kg	3,9	6,4	100	150	200
Cr	mg/kg	1458	1824	100	200	300
Ni	mg/kg	1279	619	50	100	150
Zn	mg/kg	26	26	200	250	400

Taulukko 3. Rikastushiekka-altaan veden laatu.

	Yksikkö	Pitoisuus (vaihteluväli)
pH		n. 8,5
Ni	mg/l	0,2 (0,15 - 0,3)
As	mg/l	1,2 (0,8 - 1,8)
SO4	mg/l	900

Kun altaan vapaa vesimäärä on 200 000 m³, vesimassa sisältää arseenia 240 kg, nikkeliä 40 kg ja sulfaattia 180 000 kg. Kun altaan vapaa vesimäärä on 70 000 m³, vesimassa sisältää arseenia 84 kg, nikkeliä 14 kg ja sulfaattia 63 000 kg.

Tehtaan voimassa olevan ympäristölupapäätöksen (Nro 9/08/2) lupaehdot jätevesipäästöjen osalta on esitetty seuraavassa taulukossa. Rikastushiekka-altaan nykyinen vesimassa sisältää arseenia yli sallitun vuosipäästön ja lopputilanteessa selvästi alle. Arseenipitoisuus on 3-kertainen enimmäispitoisuuteen verrattuna. Altaan nikkelimäärä on sallittua vuosipäästöä pienempi ja nikkelipitoisuus selvästi enimmäispitoisuutta pienempi. Allasveden pH on lupaehtojen mukainen.

Taulukko 4. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan jätevesipäästöjen luparajat.

	Vuosipäästö	Enimmäispitoisuus (1/4-vuosi keskiarvo)
Arseeni	200 kg	0,4 mg/l
Nikkeli	400 kg	0,7 mg/l
Kiintoaineen hehkutusjäännös		10 mg/l
pH		5,5-9,5

4 PATOMURTUMATAPAUKSET

4.1 Patomurtuman laskentaperusteet

Padon murtumatilanteessa purkautuvan rikastushiekan määrä on laskettu arvioimalla rikastushiekkalietteen kaltevuuskulma altaassa sekä altaan ulkopuolella, mihin liete asettuu sortumatilanteessa. Murtuman on oletettu alkavan magnesiittihiekan korotusosalta, mutta alkuperäisen moreenipadon on oletettu myös murtuvan. Altaassa rikastushiekka on pääosin täysin vedellä kyllästynyttä, sillä altaassa on vapaata vettä.

Rikastushiekan leviämisen arvioinnissa lähtöolettaamus on ollut, että padon murtumatilanteessa rikastushiekkaa purkautuu altaasta asettuen sortuman jälkeen altaassa keskimäärin 2 - 3° (3,5 - 5 %) kaltevuuskulmaan. Murtumakohdasta ympäristöön veden mukana purkautuvan rikastushiekka-alueen suurin leviämisetäisyys on laskettu 1 % kaltevuuskulman mukaan. Näiden olettamusten perusteella on arvioitu ulos purkautuvan rikastushiekan määrä siten, että altaan ulkopuolella rikastushiekan tilavuus vastaa altaasta purkautunutta määrää ja murtumakohdalla pintojen tasot yhtyvät.

Murtumatilanteessa rikastushiekka käyttäytyy Binghamin plastisen nesteen tavoin eli neste käyttäytyy kuin newtonin neste, mutta liikkeelle lähtö edellyttää rikastushiekan jäännösleikkauslujuutta suuremman leikkausjännityksen. Jäännösleikkauslujuus vaikuttaa purkautuvan rikastushiekan määrän ja jäännösleikkauslujuus riippuu mm. rikastushiekan huokoisuudesta (vesipitoisuus) ja raekoostumuksesta. Rikastushiekan purkautumiseen ja leviämiseen vaikuttaa Binghamin plastinen viskositeetti, joka riippuu rikastushiekan laadusta sekä vesipitoisuudesta. Plastinen viskositeetti vaihtelee altaan eri osissa ja syvyystasoilla. Rikastushiekan tyypillinen jäännösleikkauslujuuden arvo lähdeaineiston perusteella luokkaa 1 – 7 kPa ja Binghamin plastinen viskositeetti välillä 0,02 - 4,8 kPa*s (mm. WISE Uranium Project, <http://www.wise-uranium.org/index.html>). Kyseiseltä www-sivulta löytyy laskuri, jolla voidaan arvioida rikastushiekan leviämistä sortumatilanteessa. Laskuri laskee rikastushiekan suurimman leviämisetäisyyden, rikastushiekkalietteen virtausnopeuden murtuma-aukossa sekä purkautumisaajan. Lähtötietoina laskuriin annetaan rikastushiekan padotuskorkeus, tilavuuspaino, jäännösleikkauslujuus sekä Binghamin plastinen viskositeetti. Optiona voidaan antaa maanpinnan kaltevuus. Lahnaslammen kaivoksen rikastushiekalle ei ole määritetty jäännösleikkauslujuutta eikä plastista viskositeettia. Laskurin lähtötietoina on käytetty tyypillisiä arvoja ja tuloksia on käytetty vertailutietona kaltevuuskulmien mukaiselle leviämisarviolle.

Rikastushiekan suurin leviämisetäisyys riippuu merkittävästi altaan vapaan veden määrästä sekä alapuolisen maaston topografiasta sekä luontaisten purojen/jokien sijoittumisesta. Vapaan veden mukana kiintoainepitoista vettä voi virrata pitkiäkin matkoja kuljettaen rikastushiekkaa mukanaan. Kiintoainepitoisuus pienenee selvästi virtausmatkan kasvaessa.

4.2 Patomurtuma alkuperäisen padon A kohdalla

Tarkastelu 1 on tehty tilanteessa, jossa altaan reunapadon harjan taso on +170,00 m (N60) ja täyttötaso on tasolla +168,00 m (N60). Allasalueen kokonaistilavuus tällä täyttötasolla on noin 4,0 milj.m³. Padon A kokonaiskorkeus (=täyttökorkeus) nykyisellä täyttötasolla on 18 m, kun huomioidaan alkuperäinen moreenipato sekä magnesiittihiekkakorotus.

Tarkastelu 2 on tehty tilanteessa, jossa altaan reunapadon harjan taso on +190,00 m (N60) ja täyttötaso tasolla +189,00 m (N60). Allasalueen kokonaistilavuus on noin 9,9 milj.m³.

Taulukossa 5 on esitetty arvio purkautuvan rikastushiekan määrästä kaltevuuskulmien perusteella arvioituna sekä varsinaisen leviämisalueen suurin etäisyys. Leviämisetäisyydessä ei ole huomioitu vapaan veden mukana leviävää rikastushiekkaa, joiden suhteellinen määrä on vähäinen.

Taulukko 5. *Papinlammen altaan alkuperäisen padon A kohdalla tapahtuvassa patomurtumassa purkautuvan rikastushiekan ja veden arvioitu määrä (V) sekä rikastushiekan leviämisalueen suurin leviämisetäisyys (D) arvioituna kohdassa 4.1 esitetyillä kaltevuuskulmilla.*

	Yksikkö	Sortumatapaus 1	Sortumatapaus 2
Täyttötaso	(m+N60)	168	189
H	(m)	18	38
V*	(Mm ³)	0,68	2,10
D	(m)	850	1700

*Purkautuvan rikastushiekan arvioitu määrä sisältää vapaan veden, jonka määrä on tapauksessa 1 0,2 Mm³ ja 0,07 Mm³ tapauksessa 2.

Rikastushiekan leviämistä on arvioitu myös laskurilla (<http://www.wise-uranium.org/ctfs.html>). Laskennassa rikastushiekalle on käytetty tilavuuspainona 15 kN/m³, jäännösleikkauslujuutta 1 – 2 kPa ja Binghamin plastisena viskositeettina 0,05 – 0,2 kPa*s.

Sortumatapauksessa 1 rikastushiekan maksimileviämisetäisyydeksi näillä arvoilla saadaan 510 – 1200 m. Rikastushiekkalietteen keskimääräinen virtausnopeus sortuma-aukosta on 9,1 – 10,0 m/s ja purkautumisen kesto aika on 144 – 320 sekuntia.

Sortumatapauksessa 2 maksimileviämisetäisyydeksi saadaan 2200 m, kun tilavuuspainona käytetään 15 kN/m³, jäännösleikkauslujuutena 2 kPa ja plastisena viskositeettina 0,2 kPa*s. Rikastushiekkalietteen keskimääräinen virtausnopeus sortuma-aukosta on 13,8 m/s ja purkautumisen kesto aika on 420 sekuntia. Kaltevuuskulmalleilla määritetty rikastushiekan leviämisetäisyys (1700 m) saadaan esimerkiksi arvoilla 2,5 kPa ja 0,3 kPa*s, jotka ovat rikastushiekan tyypillisen vaihteluvälin sisällä.

Rikastushiekka leviää Papinpuron suuntaisesti Kotisuolle. Pääosin rikastushiekka jää Kotisuolle kummassakin sortumatapauksessa. Padon harjan ollessa tasolla +190,00 m rikastushiekka leviää hieman suuremmalle alueelle, mutta edelleen pääosa rikastushiekasta jää Kotisuon alueelle. Vapaan veden mukana rikastushiekkaa voi levitä Jormasjokeen ja edelleen Nuasjärveen.

Rikastushiekan arvioitu leviämisalue sortumatapauksissa 1 ja 2 on esitetty liitekartalla 1. Kartalla on esitetty myös rikastushiekka-altaan alue, mihin saakka patomurtuman vaikutukset on kohdan 4.1 mukaisesti arvioitu altaassa ulottuvan.

4.3 Patomurtuma alkuperäisen padon B kohdalla

Tarkastelu on tehty tilanteessa, jossa altaan reunapadon harjan taso on +170,00 ja täyttötaso on tasolla +168,00. Allasalueen kokonaistilavuus tällä täyttötasolla on noin

4,0 milj.m³. Padon B kokonaiskorkeus nykyisellä täyttötasolla on 12 m, kun huomioidaan alkuperäinen moreenipato sekä magnesiittihiekkakorotus.

Tarkastelu 2 on tehty tilanteessa, jossa altaan reunapadon harjan taso on +190,00 m (N60) ja täyttötaso tasolla +189,00 m (N60). Allasalueen kokonaistilavuus on noin 9,9 milj.m³.

Taulukossa 6 on esitetty arvio purkautuvan rikastushiekan määrästä kaltevuuskulmien perusteella arvioituna sekä varsinaisen leviämisalueen suurin etäisyys. Leviämisetäisyydessä ei ole huomioitu vapaan veden mukana leviävää rikastushiekkaa, joiden suhteellinen määrä on vähäinen.

Taulukko 6. Papinlammen altaan alkuperäisen padon B kohdalla tapahtuvassa patomurtumassa purkautuvan rikastushiekan ja veden arvioitu määrä (V) sekä rikastushiekan leviämisalueen suurin leviämisetäisyys (D) arvioituna kohdassa 4.1 esitetyillä kaltevuuskulmilla.

	Yksikkö	Sortumatapaus 1	Sortumatapaus 2
Täyttötaso	(m+N60)	168	189
H	(m)	12	32
V*	(Mm ³)	0,54	2,50
D	(m)	380	1700

* Purkautuvan rikastushiekan arvioitu määrä sisältää vapaan veden, jonka määrä on tapauksessa 1 0,2 Mm³ ja 0,07 Mm³ tapauksessa 2.

Rikastushiekan leviämistä on arvioitu myös laskurilla (<http://www.wise-uranium.org/ctfs.html>). Laskennassa rikastushiekalle on käytetty tilavuuspainona 15 kN/m³, jäännösleikkauslujuutta 1 – 2 kPa ja Binghamin plastisena viskositeettina 0,05 – 0,2 kPa*s.

Sortumatapauksessa 1 rikastushiekan maksimileviämisetäisyydeksi näillä arvoilla saadaan 210 – 520 m. Rikastushiekkalietteen keskimääräinen virtausnopeus sortuma-aukosta on 6,6 – 8,3 m/s ja purkautumisen kesto aika on 72 – 162 sekuntia.

Sortumatapauksessa 2 maksimileviämisetäisyydeksi saadaan 1700 m, kun tilavuuspainona käytetään 15 kN/m³, jäännösleikkauslujuutena 2 kPa ja plastisena viskositeettina 0,2 kPa*s. Rikastushiekkalietteen keskimääräinen virtausnopeus sortuma-aukosta on 10,6 m/s ja purkautumisen kesto aika on 340 sekuntia.

Rikastushiekka leviää altaan länsipuoliselle suoalueelle rajoittuen siihen Papinlammen altaan ollessa vielä matalalla täyttötasolla (arviolta alle +175). Matalammalla täyttötasolla ja korkeamman täyttötason purkautumisen alussa tulva-aalto pysähtyy tiepengertä ja luontaista harjannetta vasten. Korkeammalla täyttötasolla rikastushiekkaa ja vapaata vettä leviää Lahnasjoen altaaseen ja länsipuolen avolouhokseen. Mikäli Lahnasjoen altaan vesipinta padon murtumahetkellä on HW-tasolla, altaasta purkautuu ylivuotokynnyksen kautta patomurtumasta vapautuvaa vesimäärää vastaava vesimäärä Lahnasjokeen. Maksimissaan Lahnasjoen altaaseen ja edelleen Lahnasjokeen purkautuu vettä ja rikastushiekkaa n. 200 000 m³. Lahnasjoen altaan vedet ja Papinlammen altaan vedet sekoittuvat keskenään ennen purkautumista Lahnasjokeen, mikä laimentaa Papinlammen altaasta tulevaa vettä. Rikastushiekkaa ei arvioida purkautuvan Lahnasjokeen.

Purkautuvan vapaan veden kokonaismäärä nostaisi Lahnasjoen altaan vesipintaa nopeasti enimmillään noin 1,5 m. Lahnasjoen altaan padon suunnitelman mukainen

kuivavara on 2,0 m, joten vettä ei purkaudu altaasta padon harjan yli, vaan ainoastaan ylivuotokynnyksen kautta. Ylivuotokynnyksen kautta arvioitu purkautumisvirtaama on suurimmillaan noin 25 m³/s. Tämä ei aiheuta merkittävää tulvimista Lahnasjoen varrella virtaamahuipun tasoittuessa ja pienentyessä edelleen alavirran suuntaan. Ratapenkereen ja VT6:n silta-/rumpuaukot ovat riittävät tämän suuruiselle virtaamalle.

Rikastushiekan arvioitu leviämisaalue sortumatapauksissa 1 ja 2 on esitetty liitekartalla 2. Rikastushiekka pidättyy suoalueelle, Lahnasjoen altaaseen ja avolouhokseen. Kartalla on esitetty myös rikastushiekka-altaan alue, mihin saakka patomurtuman vaikutukset on arvioitu altaassa ulottuvan.

4.4 Patomurtuma alkuperäisen padon C kohdalla

Tarkastelu on tehty tilanteessa, jossa altaan reunapadon harjan taso on +170,00 m ja täyttötaso on tasolla +168,00 m. Allasalueen kokonaistilavuus tällä täyttötasolla on noin 4,0 milj.m³. Padon C kokonaiskorkeus nykyisellä täyttötasolla on 8 m, kun huomioidaan alkuperäinen moreenipato sekä magnesiittihiekkakorotus.

Tarkastelu 2 on tehty tilanteessa, jossa altaan reunapadon harjan taso on +190,00 m (N60) ja täyttötaso tasolla +189,00 m (N60). Allasalueen kokonaistilavuus on noin 9,9 milj.m³.

Taulukossa 7 on esitetty arvio purkautuvan rikastushiekan määrästä kaltevuuskulmien perusteella arvioituna sekä varsinaisen leviämisaalueen suurin etäisyys. Leviämisetäisyydessä ei ole huomioitu vapaan veden mukana leviävää rikastushiekkaa, joiden suhteellinen määrä on vähäinen.

Taulukko 7. Papinlammen altaan alkuperäisen padon C kohdalla tapahtuvassa patomurtumassa purkautuvan rikastushiekan ja veden arvioitu määrä (V) sekä rikastushiekan leviämisaalueen arvioitu leviämisetäisyys (D) arvioituna kohdassa 4.1 esitetyillä kaltevuuskulmilla.

	Yksikkö	Sortumatapaus 1	Sortumatapaus 2
Täyttötaso	(m+N60)	168	189
H	(m)	8	28
V*	(Mm ³)	0,35	2,20
D	(m)	150	1200

* Purkautuvan rikastushiekan arvioitu määrä sisältää vapaan veden, jonka määrä on tapauksessa 1 0,2 Mm³ ja 0,07 Mm³ tapauksessa 2.

Rikastushiekan leviämistä on arvioitu myös laskurilla (<http://www.wise-uranium.org/ctfs.html>). Laskennassa rikastushiekalle on käytetty tilavuuspainona 15 kN/m³, jäännösleikkauslujuutta 1 – 2 kPa ja Binghamin plastisena viskositeettina 0,05 – 0,2 kPa*s.

Sortumatapauksessa 1 rikastushiekan maksimileviämisetäisyydeksi näillä arvoilla saadaan 85 – 220 m. Rikastushiekkalietteen keskimääräinen virtausnopeus sortuma-aukosta on 5,3 – 6,3 m/s ja purkautumisen kesto aika on 38 – 85 sekuntia.

Sortumatapauksessa 2 maksimileviämisetäisyydeksi saadaan 1 100 m, kun tilavuuspainona käytetään 15 kN/m³, jäännösleikkauslujuutena 2 kPa ja plastisena viskositeettina 0,2 kPa*s. Rikastushiekkalietteen keskimääräinen virtausnopeus sortuma-aukosta on 11,2 m/s ja purkautumisen kesto aika on 250 sekuntia.

Rikastushiekka leviää Papinlammen altaan matalammalla täyttötasolla käytännössä vain aivan padon viereiselle suoalueelle. Korkeammalla täyttötasolla (arviolta yli +175) purkautumisen alussa tulva-aalto pysähtyy suoalueen itäpuoleiseen luontaiseen harjanteeseen, jonka yli rikastushiekka nousee, kun leviäminen on päässyt tapahtumaan ensin pohjoiseen Kotisuon alueelle. Pääosa vapaasta vedestä purkautuu pohjoiseen (Papinpuroon ja sitä kautta Jormasjokeen ja edelleen Nuasjärveen), sekä kaakkoon Papinmäen itäpuolelta. Veden mukana kulkeutuva rikastushiekkamäärä Jormasjokeen on hyvin vähäinen.

Rikastushiekan arvioitu leviämisalue on esitetty liitekartalla 3. Kartalla on esitetty myös rikastushiekka-altaan alue, mihin saakka patomurtuman vaikutukset on arvioitu altaassa ulottuvan. Rikastushiekka pidättyy länsipuolen pienelle suoalueelle, Kotisuon alueelle ja Papinmäen itäpuolelle. Rikastushiekka voi levitä myös reilummin Papinmäestä koilliseen lähelle Jormasjokea mutta leviäminen tapahtuu vasta Papinmäen itäpuolen padottaessa hiekan etenemistä, koska koillispuolen alue on kulkusuuntaan nähden sivusta Papinlammen altaan ja Jormasjoen välissä olevan mäen takia.

4.5 Patomurtuma alkuperäisen padon D kohdalla

Tarkastelu on tehty tilanteessa, jossa altaan reunapadon harjan taso on +170,00 ja täyttötaso on tasolla +168,00. Allasalueen kokonaistilavuus tällä täyttötasolla on noin 4,0 milj.m³. Padon D kokonaiskorkeus nykyisellä täyttötasolla on 12 m, kun huomioidaan alkuperäinen moreenipato sekä magnesiittihiekkakorotus.

Tarkastelu 2 on tehty tilanteessa, jossa altaan reunapadon harjan taso on +190,00 m (N60) ja täyttötaso tasolla +189,00 m (N60). Allasalueen kokonaistilavuus on noin 9,9 milj.m³.

Taulukossa 8 on esitetty arvio purkautuvan rikastushiekan määrästä kaltevuuskulmien perusteella arvioituna sekä varsinaisen leviämisalueen suurin etäisyys. Leviämisetäisyydessä ei ole huomioitu vapaan veden mukana leviävää rikastushiekkaa, joiden suhteellinen määrä on vähäinen.

Taulukko 8. Papinlammen altaan alkuperäisen padon D kohdalla tapahtuvassa patomurtumassa purkautuvan rikastushiekan ja veden arvioitu määrä (V) sekä rikastushiekan leviämisalueen suurin leviämisetäisyys (D) arvioituna kohdassa 4.1 esitetyillä kaltevuuskulmilla.

	Yksikkö	Sortumatapaus 1	Sortumatapaus 2
Täyttötaso	(m+N60)	168	189
H	(m)	16,5	36,5
V*	(Mm ³)	0,48	1,40
D	(m)	460	1300

* Purkautuvan rikastushiekan arvioitu määrä sisältää vapaan veden, jonka määrä on tapauksessa 1 0,2 Mm³ ja 0,07 Mm³ tapauksessa 2.

Rikastushiekan leviämistä on arvioitu myös laskurilla (<http://www.wise-uranium.org/ctfs.html>). Laskennassa rikastushiekalle on käytetty tilavuuspainona 15 kN/m³, jäännösleikkauslujuutta 1 – 2 kPa ja Binghamin plastisena viskositeettina 0,05 – 0,2 kPa*s.

Sortumatapauksessa 1 rikastushiekan maksimileviämisetäisyydeksi näillä arvoilla saadaan 420 – 1040 m. Rikastushiekkalietteen keskimääräinen virtausnopeus sortuma-aukosta on 8,6 – 9,5 m/s ja purkautumisen kesto aika on 126 – 270 sekuntia.

Sortumatapauksessa 2 maksimileviämisetäisyydeksi saadaan 2 200 m, kun tilavuuspainona käytetään 15 kN/m³, jäännösleikkauslujuutena 2 kPa ja plastisena viskositeettina 0,2 kPa*s. Rikastushiekkalietteen keskimääräinen virtausnopeus sortuma-aukosta on 13,8 m/s ja purkautumisen kesto aika on 400 sekuntia. Kaltevuuskulmamalleilla määritetty rikastushiekan leviämisetäisyys (1700 m) saadaan esimerkiksi arvoilla 3,0 kPa ja 0,45 kPa*s, jotka ovat rikastushiekan tyypillisen vaihteluvälin sisällä.

Rikastushiekka leviää altaan eteläpuolen kosteikko- ja suoalueelle, josta edelleen kaakkoon ja luoteeseen Lahnasjoen altaan suuntaan purkautuvan hiekan määrän ollessa suuri. Vapaa vesi ja sen mukana myös rikastushiekkaa purkautuu Papinlammen altaan länsipuolelta kohti Lahnasjoen allasta, sekä kaakkoon luontaiseen laaksoon. Uusi tiepenger padottaa purkautuva vesiä ennen Lahnasjoen allasta, mikä vaimentaa virtaamaa altaaseen. Tämä pidättää myös rikastushiekkaa altaan yläpuoliselle suoalueelle. Kosteikkoalueen ja Papinmäen suoalueen väliin rakennetaan pengeri, jonka tarkoituksena on estää vesien ja rikastushiekan leviämistä patosortumatilanteessa.

Lahnasjoen altaaseen purkautuva vapaa vesi nostaa altaan vesipintaa. Mikäli Lahnasjoen altaan vesipinta padon murtumahetkellä on HW-tasolla, altaasta purkautuu ylivuotokynnyksen kautta patomurtumasta vapautuvaa vesimäärää vastaava vesimäärä Lahnasjokeen eli maksimissaan Lahnasjokeen purkautuu vettä 200 000 m³. Lahnasjoen altaan vedet ja Papinlammen altaan vedet sekoittuvat keskenään ennen purkautumista Lahnasjokeen, mikä laimentaa Papinlammen altaasta tulevaa vettä. Rikastushiekkaa ei arvioida purkautuvan Lahnasjokeen.

Purkautuvan vapaan veden kokonaismäärä nostaisi Lahnasjoen altaan vesipintaa nopeasti enimmillään noin 0,5 – 1 m. Lahnasjoen altaan padon suunnitelman mukainen kuivavara on 2,0 m, joten vettä ei purkaudu altaasta padon harjan yli, vaan ainoastaan ylivuotokynnyksen kautta. Ylivuotokynnyksen kautta arvioitu purkautumisvirtaama on suurimmillaan noin 15 m³/s. Tämä ei aiheuta merkittävää tulvimista Lahnasjoen varrella virtaamahuipun tasoittuessa ja pienentyessä edelleen alavirran suuntaan. Ratapenkereen ja VT6:n silta-/rumpaukot ovat riittävät tämän suuruiselle virtaamalle.

Rikastushiekan arvioitu leviämisalue on esitetty liitekartalla 4. Rikastushiekka pidättyy kosteikon alueelle. Vapaan veden mukana kulkeutuva rikastushiekka pidättyy viimeistään Lahnasjoen altaaseen. Kartalla on esitetty myös rikastushiekka-altaan alue, mihin saakka patomurtuman vaikutukset on kohdan 4.1 mukaisesti arvioitu altaassa ulottuvan.

5 PATOSORTUMAN TERVEYS- JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

5.1 Patomurtuma alkuperäisen padon A kohdalla

Patomurtuman kummassakin tapauksessa rikastushiekka leviää pohjoiseen ja jää pääosin Kotisuon alueelle. Vapaa vesi altaasta purkautuu nopeasti, kulkeutuen Papinpuroa myöten Jormasjokeen. Kotisuolla ja Papinpuron varrella ei ole asutusta, muuta merkittävää käyttömuotoa eikä merkittäviä luonnonarvoja, joten ympäristövaikutus siltä osin ei ole merkittävä. Altaasta purkautuva jätevesi sisältää vesiympäristölle haitallisia aineita, kuten arseenia, nikkeliä, sulfaattia ja muita

elektrolyyttejä, minkä lisäksi veden mukana kulkeutuu jossain määrin rikastushiekkaa. Käytännössä koko vesitilavuus suurimmillaan 200 000 m³ (70 000 m³) kulkeutuu Jormasjokeen. Äkillinen päästö Jormasjokeen on tällöin 40 kg (14 kg) nikkeliä, 240 kg (84 kg) arseenia ja 180 tonnia (63 t) sulfaattia. Jormasjokeen jouduttuaan päästö virtaa välittömästi Nuasjärven Jormaslahteen, jonne on virtausmatkaa noin 3 km Papinpuron laskukohdalta. Veden määrän ollessa suurimmillaan arseenipäästö ylittää tehtaan nykyisen vuosipäästönä määritellyn luparajan 200 kg/a. Suurimman jätevesipäästön vaikutuksesta Jormasjoki samenee ja haitallisten aineiden pitoisuudet nousevat eliöstölle haitalliselle tasolle. Kalat karkottuvat alueelta, kunnes samennus on hälvennyt. Eliöstökuolemia saattaa arseenin, nikkelin ja hienojakoisen kiintoaineksen vuoksi syntyä Jormasjoessa ja Jormaslahdessa. Nopeasti pitoisuudet kuitenkin laimenevat eliöstölle haitattomalle tasolle. Nikkeli ei juuri kerry eliöstöön, arseenilla sen sijaan on myös pitkäaikaisvaikutuksia. Jäteveden pH on emäksinen, mutta sellaisella tasolla, ettei se aiheuta ongelmia vesistössä. Happea kuluttavaa ominaisuutta jätevedessä ei myöskään ole ja sen ravinnepitoisuudet (fosfori, typpi) ovat alhaiset, joten päästö ei vaikuta vesistöä rehevöittävästi. Jätevesi on luonnonvettä raskaampaa, joten se kertyy järven syvänteeseen ja voi voimistaa kerrostumista. Sulfaatin haitallisuus vesistössä liittyy sulfaatin pelkistymiseen hapettomissa olosuhteissa ja sen jälkeiseen hapettumiseen, jolloin veden pH-taso äkillisesti putoaa. Tässä tapauksessa jätevesi sekoittuu ja laimenee Jormasjoessa, joten kertyminen Nuasjärven syvänteeseen jää vähäiseksi. Eliöstölle sulfaatti on haitallinen vasta suurina pitoisuuksina (tuhansia mg/l), jollaisia ei tässä tapauksessa muodostu.

Ihmisten terveydelle saattaa aiheutua vaaraa, mikäli arseeni kertyy ravintona käytettäviin kaloihin. Tähän mennessä Sotkamon tehtaan tarkkailussa ei ole todettu arseenipitoisuuden kasvaneen Nuasjärven kaloissa. Talousvesikaivoihin päästön vaikutus ei ulotu. Pintavettä ei yleensä käytetä talousvetenä (ravintona), mutta muuna talousvetenä, kuten sauna- ja pesuvetenä sekä kasteluvetenä Jormaslahden vettä käytetään. Tähän liittyy väliaikainen terveysriski, kun arseeni- ja nikkeli-pitoisuudet Jormasjoessa ja Jormaslahdessa nousevat. Alueella on vakituista ja loma-asutusta.

5.2 Patomurtuma alkuperäisen padon B kohdalla

Patomurtumassa rikastushiekka leviää altaan länsipuoliselle suoalueelle. Vapaa vesi altaasta purkautuu nopeasti samalle alueelle ja edelleen Lahnasjoen altaaseen, johon laskee Unijoki lännestä. Veden mukana myös rikastushiekkaa kulkeutuu Lahnasjoen altaaseen jossain määrin.

Rikastushiekan leviämisalueella ei ole asutusta, muuta merkittävää käyttömuotoa eikä merkittäviä luonnonarvoja, joten ympäristövaikutus siltä osin ei ole merkittävä. Jätevesi nostaa Lahnasjoen altaan vesipintaa ja altaasta purkautuu ylivuotokynnyksen kautta patomurtumasta vapautuvaa vesimäärää vastaava vesimäärä Lahnasjokeen. Maksimissaan Lahnasjokeen purkautuu 200 000 m³ vettä, jossa Papinlammen altaan veden pitoisuudet ovat laimentuneet arviolta puoleen alkuperäisestä. Nikkelin ja arseenin pitoisuudet ovat kuitenkin haitallisella tasolla. Lahnasjoki on Sotkamon kaivoksen jätevesien purkuvesistö. Toissijainen leviämisalue on Punasuon avolouhokseen, mikäli tämä skenaario toteutuu voi ihmishenkiä olla vaarassa. Kuitenkin siinä vaiheessa, kun patosortuma sattuu rikastushiekka leviää ensin Lahnasjoen altaaseen ja vain jos rikastushiekka jatkaa purkautumista, se voi levitä harjanteen yli kohti avolouhosta. Tilanteessa pitäisi olla varautumisaikaa ja henkilöstö ehditään siirtää pois avolouhoksesta.

Äkillinen päästö suurimmillaan Lahnasjokeen on 40 kg nikkeliä, 240 kg arseenia ja 180 tonnia sulfaattia. Lahnasjokeen jouduttuaan päästö virtaa suoraan Nuasjärven Jormaslahteen, jonne on virtausmatkaa noin 2 km. Lahnasjoessa ei tapahdu merkittävää laimentumista. Veden määrän ollessa suurimmillaan arseenipäästö ylittää tehtaan nykyisen vuosipäästönä määritellyn luparajan 200 kg/a. Suurimman jätevesipäästön vaikutuksesta Lahnasjoki samenee ja haitallisten aineiden pitoisuudet nousevat eliöstölle haitalliselle tasolle. Kalat karkottuvat alueelta, kunnes samennus on hälvennyt. Eliöstökuolemia saattaa arseenin, nikkelin ja hienojakoisen kiintoaineksen vuoksi syntyä Lahnasjoessa ja Jormaslahdessa. Pitoisuudet kuitenkin laimenevat melko nopeasti eliöstölle haitattomalle tasolle. Nikkeli ei juuri kerry eliöstöön, arseenilla sen sijaan on myös pitkäaikaisvaikutuksia. Jäteveden pH on emäksinen, mutta sellaisella tasolla, ettei se aiheuta ongelmia vesistössä. Happea kuluttavaa ominaisuutta jätevedessä ei myöskään ole ja sen ravinnepitoisuudet (fosfori, typpi) ovat alaiset, joten päästö ei vaikuta vesistöä rehevöittävästi. Jätevesi on luonnonvettä raskaampaa, joten se kertyy järven syvänteeseen ja voi voimistaa kerrostumista. Sulfaatin haitallisuus vesistössä liittyy sulfaatin pelkistymiseen hapettomissa olosuhteissa ja sen jälkeiseen hapettumiseen, jolloin veden pH-taso äkillisesti putoaa. Eliöstölle sulfaatti on haitallinen vasta suurina pitoisuuksina (tuhansia mg/l), jollaisia ei tässä tapauksessa muodostu.

Ihmisten terveydelle saattaa aiheutua vaaraa, mikäli arseeni kertyy ravintona käytettäviin kaloihin. Tähän mennessä Sotkamon tehtaan tarkkailussa ei ole todettu arseenipitoisuuden kasvaneen Nuasjärven kaloissa. Talousvesikaivoihin päästön vaikutus ei ulotu. Pintavettä ei yleensä käytetä talousvetenä (ravintona), mutta muuna talousvetenä, kuten sauna- ja pesuvetenä sekä kasteluvetenä Jormaslahden vettä käytetään. Tähän liittyy väliaikainen terveysriski, kun arseeni- ja nikkelipitoisuudet Lahnasjoen suualueella ja Jormaslahdessa nousevat. Alueella on vakituista ja loma-asutusta.

5.3 Patomurtuma alkuperäisen padon C kohdalla

Patomurtumassa vaikutukset ovat samat kuin padon A murtumatapauksessa. Lisäksi on pieni riski, että rikastushiekkaa päätyy Jormasjokeen.

5.4 Patomurtuma alkuperäisen padon D kohdalla

Patomurtumassa rikastushiekka leviää altaan eteläpuolelle suo- ja metsäalueelle, jossa sijaitsee myös Papinlammen eteläpuolen vesiallas. Rikastushiekka leviää Papinlammen eteläpuolen vesialtaasta luoteeseen Lahnasjoen suuntaan sekä kaakkoon. Jätevesi kulkeutuu pääosin alueelta ojia pitkin pohjoiseen Lahnasjoen altaaseen, ja altaasta purkautuu ylivuotokynnyksen kautta patomurtumasta vapautuvaa vesimäärää vastaava vesimäärä Lahnasjokeen. Vaikutukset Lahnasjoen suuntaan ovat samansuuntaiset mutta hieman lievemmat kuin patomurtumassa B. Jätevedestä arviolta puolet voi päästä leviämään kaakkoon suoalueelle. Vesimäärän ollessa suurimmillaan se voisi levitä Papinmäen peltoalueelle ja leviämisaikaa kautta Aholasuolle ja siitä eteenpäin Jormasjokeen. Vesien ja rikastushiekan leviämisen hillitsemiseksi Papinmäen peltoalueelle ja siitä kaakkoonpäin, kosteikkoalueen ja Papinmäen suoalueen väliin rakennetaan pengeri. Penkereellä suojataan Papinmäen peltoalueita, jotka ovat aktiivisessa käytössä. Korotuksen mukaisen vesimäärän toteutuessa se todennäköisemmin jää suoalueelle ja valuu siitä takaisin kosteikkoon ja Lahnasjoen suuntaan, kuin lähtee leviämään kaakkoon toissijaiselle leviämisaikalle.

6**VARAUTUMINEN PATO-ONNETTOMUUTEEN**

Patomurtuman uhatessa tai jo sattuesssa ensisijainen tavoite on estää/vähentää rikastushiekan ja allasvesien pääsy Jormasjokeen ja Nuasjärveen.

Patomurtuman sattuesssa altaan pohjoisosassa (murtumapiste A), rikastushiekka leviää Kotisuon alueelle. Purkautuvia vesiä ja voidaan pidättää Kotisuon alueelle vahvistamalla/korottamalla Kotisuon itäpuolista tiepengertä sekä tukkimalla virtausyhteydet.

Patomurtuman sattuesssa altaan länsireunalla (murtumapiste B), rikastushiekka leviää kohti Lahnasjoen allasta. Toimenpiteet kohdistetaan mahdollisuuksien mukaan Lahnasjoen altaan padolle ja tavoitteena on, että purkautuva vesi saadaan pidätettyä Lahnasjoen altaaseen, eikä pääsisi leviämään äkillisesti avolouhoksen suuntaan.

Ympäristöriskin kannalta toimenpiteet kohdistetaan viimeistään rautatien ja VT6:n suuntaan tukkimalla Lahnasjoen virtausaukot. Tällä pyritään estämään veden purkautuminen Nuasjärveen.

Patomurtuman sattuesssa altaan itäreunalla (murtumapiste C), rikastushiekka leviää pääsääntöisesti Kotisuon alueelle ja altaan itäpuolelle. Toimenpiteet kohdistetaan purkautuva rikastushiekan leviämisen suunnan pitämiseen kohti pohjoista, jotta leviäminen Jormasjokeen voidaan estää. Veden leviäminen pyritään ehkäisemään tukkimalla virtausyhteydet.

Patomurtuman sattuesssa altaan eteläreunalla (murtumapiste D), rikastushiekka leviää kosteikon alueelle. Kosteikolta vapaa vesi purkautuu Lahnasjoen altaan ja kaakon suoalueen suuntiin. Toimenpiteet kohdistetaan mahdollisuuksien mukaan suoalueelle siten, että rikastushiekka ja vesi purkautuvat ennemmin Lahnasjoen suuntaan, eikä Papinmäen tai Aholansuon suuntaan. Toimenpiteitä tehdään myös Lahnasjoen altaan padolla ja tavoitteena on, että purkautuva vesi saadaan pidätettyä Lahnasjoen altaaseen. Mikäli tämä ei ole mahdollista tai ei onnistu, toimenpiteet kohdistetaan rautatien ja VT6:n tukkimalla Lahnasjoen virtausaukot. Tällä pyritään estämään veden purkautuminen Nuasjärveen.

Patosortumatilanteeseen varaudutaan padon D –osalta rakentamalla pengeri kosteikkoalueen ja Papinmäen suoalueen väliin. Penkereen tarkoituksena on estää vesien ja rikastushiekan leviämistä patosortumatilanteessa. Penkereiden rakentamisen tarpeellisuutta arvioidaan myös muiden patojen vaikutusalueiden yhteyteen.

7**VAHINGONVAARAN VAIKUTUS PATOLUOKITUKSEEN**

Nykytilanteen vahingonvaaraselvityksen perusteella Papinlammen pato-onnettomuus voi aiheuttaa vaaraa terveydelle, sekä ympäristölle ja omaisuudelle. Vahingonvaaran kannalta merkitsevä asia on rikastushiekan lisäksi vapaan veden määrä, joka pienenee korotusten yhteydessä. Vapaan veden määrä altaassa on ollut suurimmillaan ennen sisäänpäin tehtäviä korotuksia. Nykytilanteessa altaan kokonaistilavuus on suurempi, mutta vapaan veden määrä on selvästi pienempi. Arvioiduilla rikastushiekan leviämisalueilla ei sijaitse asutusta eikä sellaisia alueita, missä ihmisiä oleilee säännöllisesti. Papinlammen altaan patojen ehdotetaan kuuluvan edelleen 2-luokkaan.

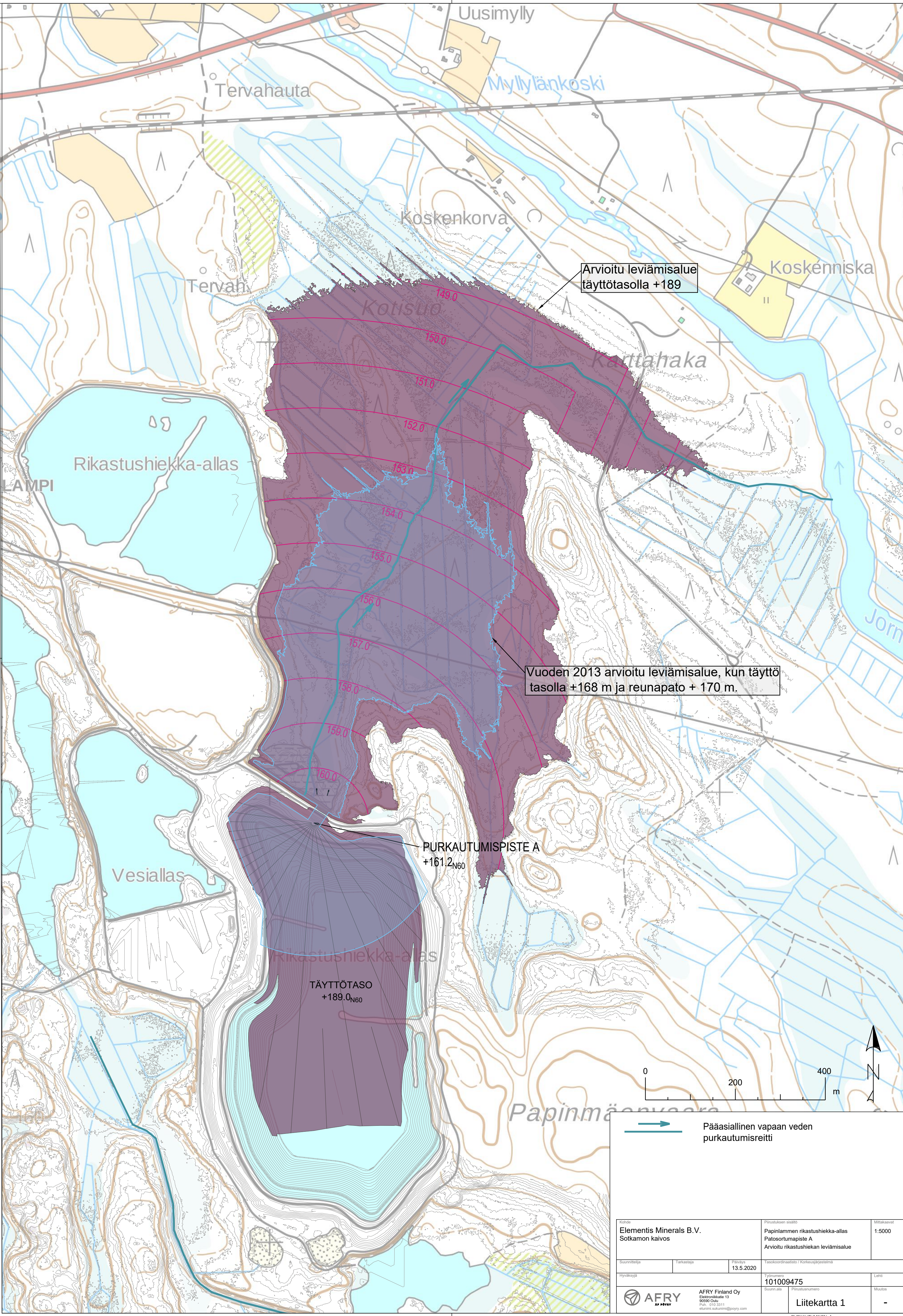
8 LÄHTEET

Pöyry 2013. Mondo Minerals Oy. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailu 2012.

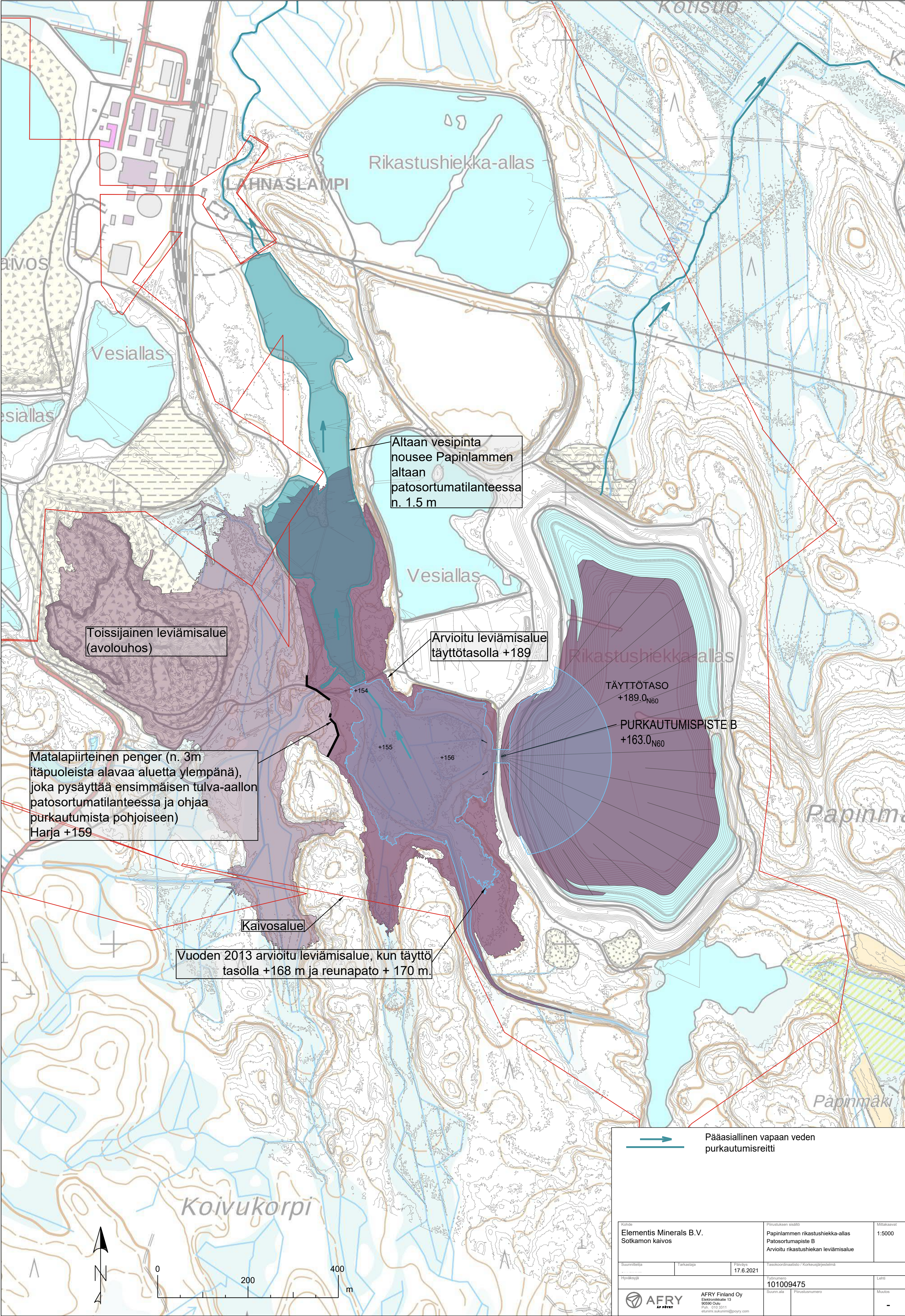
Räisänen, M.-L. 2004. Magnesiittihiekan ympäristökelpoisuus, GTK.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun asetuksen muuttamisesta, Vna 202/2006.

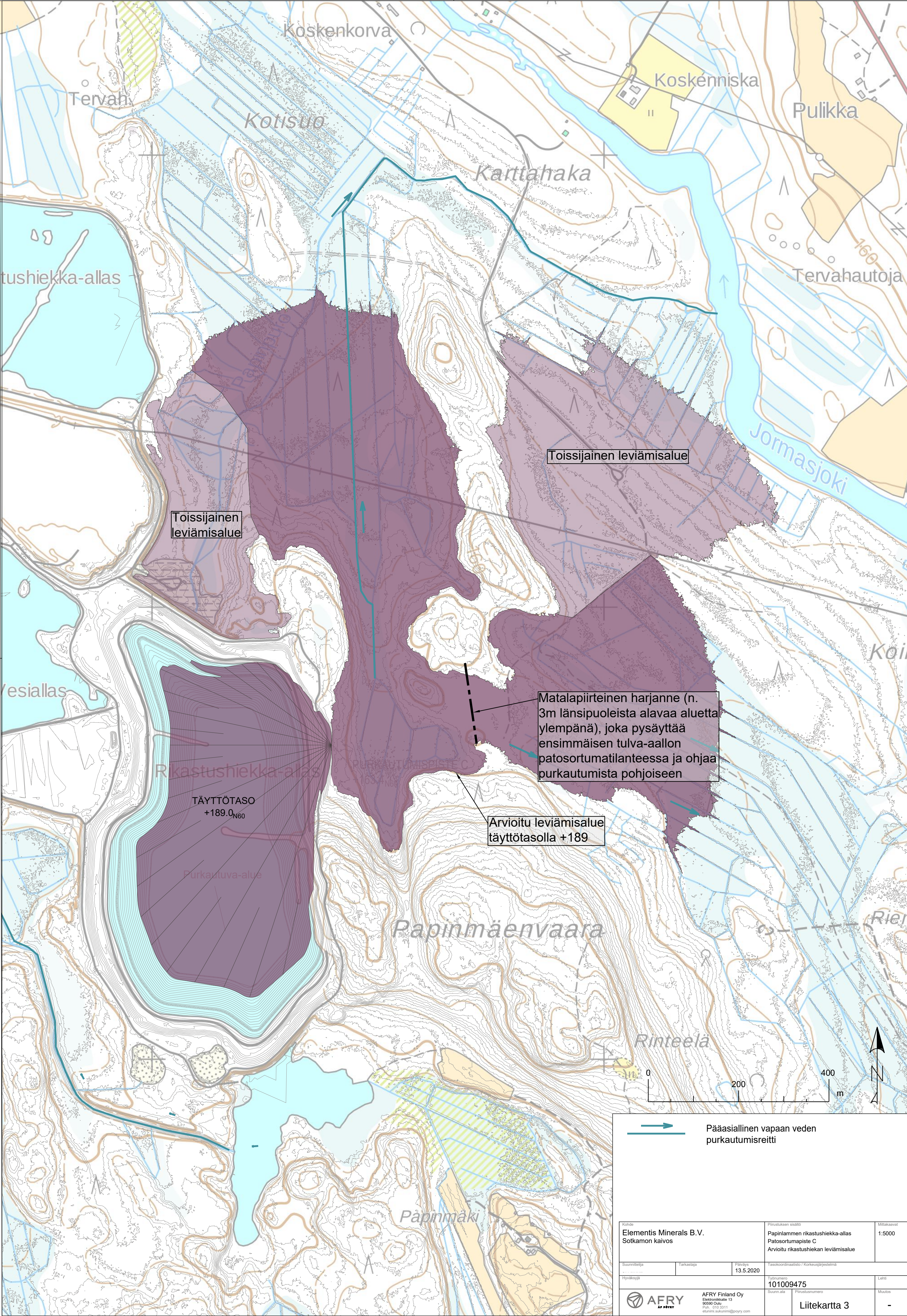
Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista, Vna 214/2007.



Kohde Elementis Minerals B.V. Sotkamon kaivos			Päiväys 13.5.2020		Tasokoordinaatisto / Korkeusjärjestelmä	
Suunnittelija		Tarkastaja		Työnnumero 101009475		Lehti
Hyväksyjä		Suunnittelija		Päiväys		Muutos
AFRY		AFRY Finland Oy Elastoninkatu 13 90590 Oulu Puh. 010 3311 etunimi.sukunimi@poyry.com		Liitekartta 1		-



			Pääsääntölinen vapaan veden purkautumisreitti		
Kohde Elementis Minerals B.V. Sotkamon kaivos			Purustuksen sisältö Papinlammen rikastushiekka-allas Patosortumapiste B Arvioitu rikastushiekan leviämisaalue		Mittakaavat 1:5000
Suunnittelija	Tarkastaja	Päiväys 17.6.2021	Tasokoordinaatisto / Korkeusjärjestelmä		
Hyväksyjä			Työnnumero 101009475	Lehti	
 AFRY AFRY Finland Oy Elektronikkatie 13 00590 Oulu Puh. 010 3311 etunimi.sukunimi@poyry.com			Suunnitelma	Purustustunnus	Muutos -

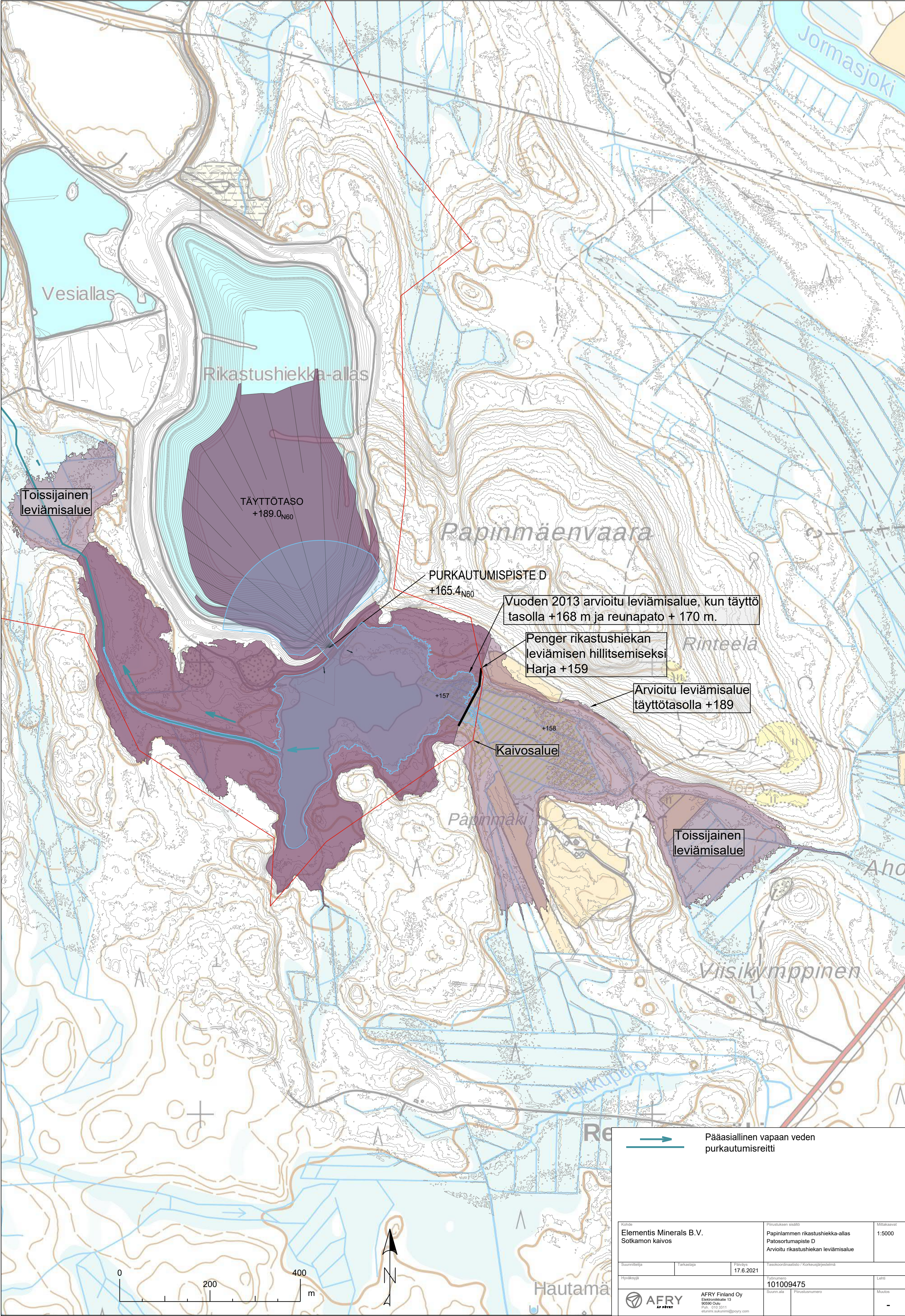


Matalapiirteinen harjanne (n. 3m länsipuoleista alavaa aluetta ylempänä), joka pysäyttää ensimmäisen tulva-aallon patosortumatilanteessa ja ohjaa purkautumista pohjoiseen

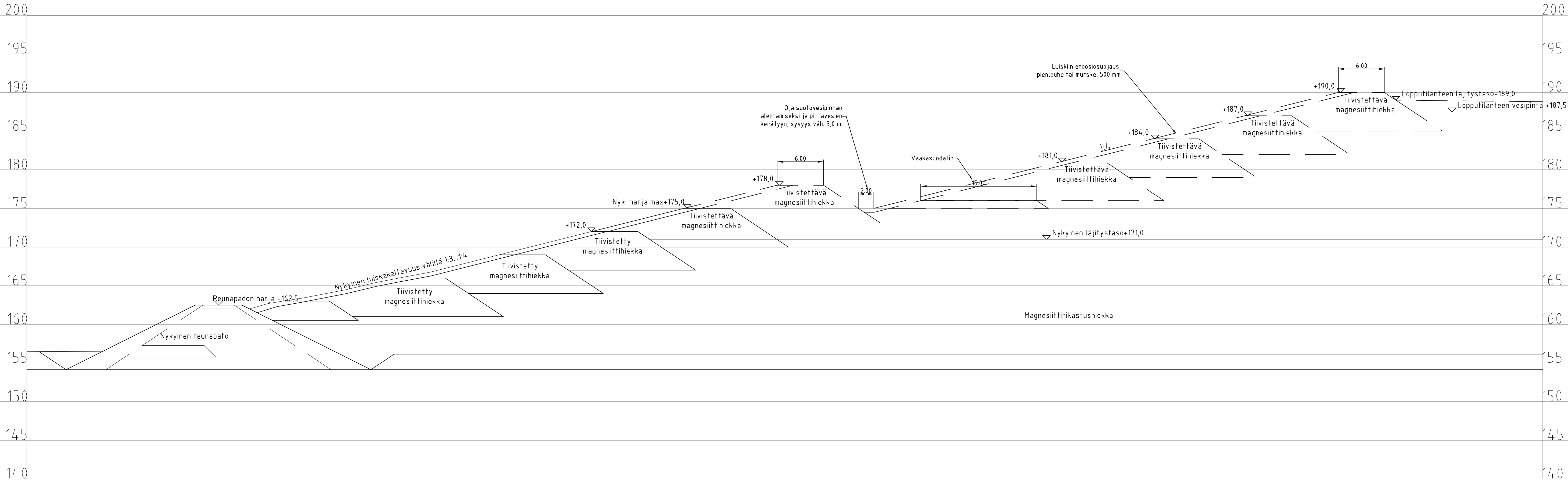
Arvioitu leviämisalue täyttötasolla +189

Pääasiallinen vapaan veden purkautumisreitti

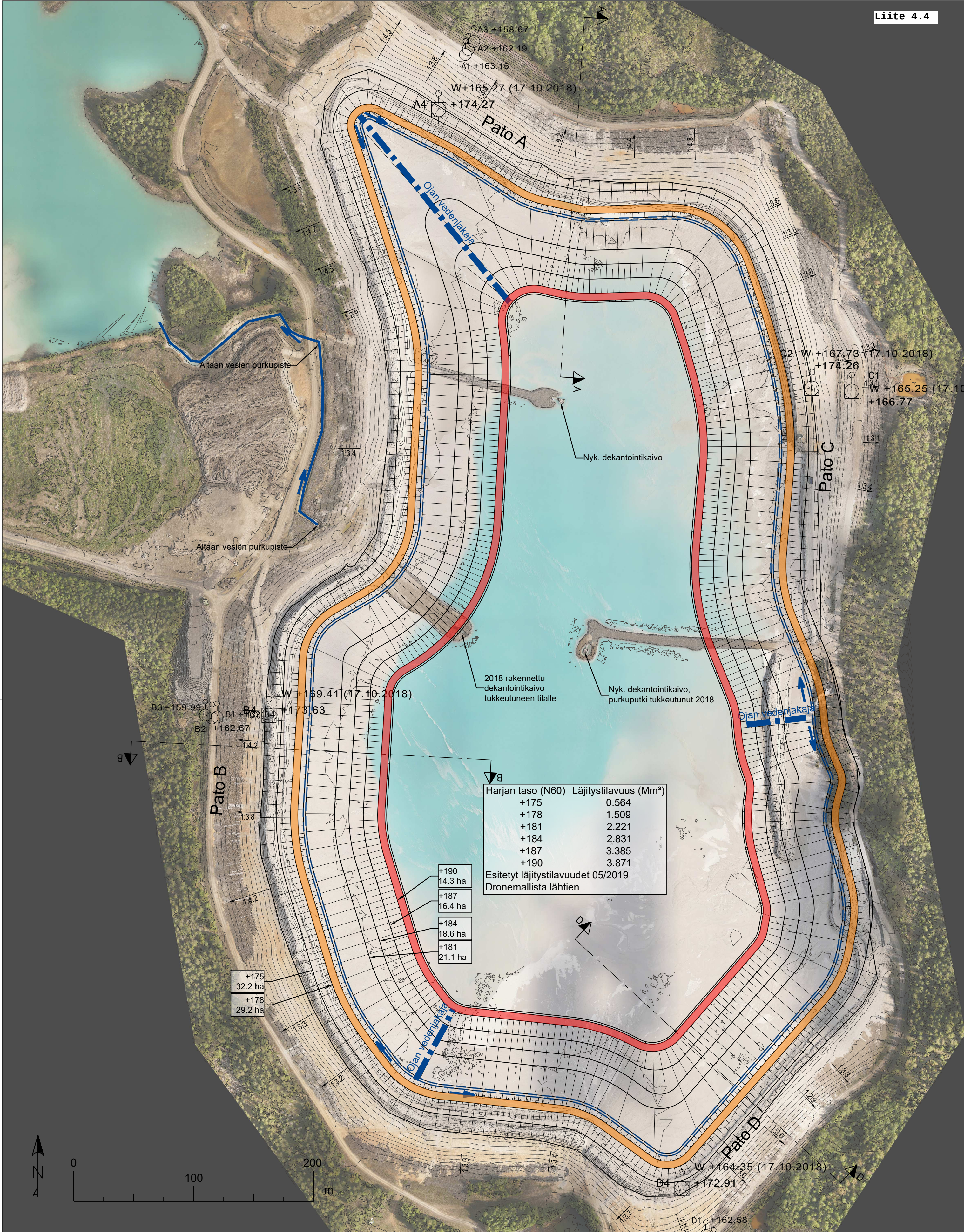
Kohde Elementis Minerals B.V. Sotkamon kaivos			Päiväys 13.5.2020		Tasokoordinaatisto / Korkeusjärjestelmä	
Suunnittelija			Tarkastaja		Työnnumero 101009475	
Hyväksyjä			Suunnitelma		Liitekartta 3	
AFRY AFRY Finland Oy Eteläkatu 13 90590 Oulu Puh. 010 3311 etunimi.sukunimi@poyry.com			Päiväys 13.5.2020		Muutos -	



 Pääasiallinen vapaan veden purkautumisreitti		
Kohde Elementis Minerals B.V. Sotkamon kaivos	Piirustuksen sisältö Papinlammien rikastushiekka-allas Patosortumapiste D Arvioitu rikastushiekkan leviämisalue	Mittakaavat 1:5000
Suunnittelija	Tarkastaja	Päiväys 17.6.2021
Hyväksyjä	Työnnumero 101009475	Lehti
 AFRY AFRY Finland Oy Eteläkatu 13 90590 Oulu Puh. 010 3311 etunimi.sukunimi@poyry.com	Suunnitelma Piirustuksen numero	Muutos -



				-	-	-	-
Rev. Muutos				Suun.	Tark.	Hyv.	Pvm
Kohde				Pirustuksen sisältö			Mittakaavat
Elementis Minerals B.V. Sotkamon kaivos				Korotuksen tyyppileikkaus			1:250
Suunnittelija		Tarkastaja	Päiväys	Tasokoordinaatisto / Korkeusjärjestelmä KKJ3 / N60			
Hyväksyjä			Työnumero 101009475				Lehti
 AFRY AF POWER		AFRY Finland Oy Elektronikkatie 13 00500 Culu Puh. 010 3311 etunimi.sukunimi@poyry.com		Suunn.ala	Pirustusnumero		Muutos
				GEO	P02		-



- Padon harja, taso +190,0
- Padon harja, taso +178,0
- Oja suotovesipinnan alentamiseksi

Rev. Muutos			Suun.	Tark.	Hyv.	Pvm
Kohde			Piiirustuksen sisältö			Mittakaavat
Elementis Minerals B.V.			Yleispiiriteinen suunnitelmakartta			1:2000
Sotkamon kaivos						
Suunnittelija			Tarkastaja			Päiväys
						7.5.2020
Hyväksyjä			Tasokoordinaatio / Korkeusjärjestelmä			Työnumero
			KKJ3/N60			101009475
			Suunn.ala			Piiirustusnumero
			GEO P01			Muutos
						-