

ASIA

Kuusilammen sivukivialueen KL2 sulkeminen ja peittorakenteen toteuttaminen, Sotkamo

LUVAN HAKIJA

Terrafame Oy
Malmitie 66
88120 Tuhkakylä

SISÄLLYSLUETTELO

HAKEMUS JA ASIAN VIREILLETULO	7
TOIMINTA JA SEN SIJAINTI	7
SUUNNITELMAN TOIMITTAMISEN PERUSTE	8
LUPAVIRANOMAISEN TOIMIVALTA	8
TOIMINTAA KOSKEVAT OLENNAISET PÄÄTÖKSET, LAUSUNNOT, YVA, SOPIMUKSET JA ALUEEN KAAVOITUSTILANNE	8
Sotkamon kaivostoimintaa koskevat ympäristölupapäätökset nro:t 33/07/1 ja 36/2014/1	8
Sivukivialueen KL2 ympäristölupa nro 76/2017/1	9
Sotkamon kaivos- ja metallituotannon ympäristö- ja vesitalouslupa nro 87/2022	10
Sivukivialueen KL2 lohkon 5 ympäristölupa ja pohjarakennevaatimusten muuttaminen päätöksessä nro 87/2022	11
Vaasan hallinto-oikeuden välipäätös nro 76/2024	12
Vaasan hallinto-oikeuden päätös nro 1738/2024	12
Asian käsittely korkeimmassa hallinto-oikeudessa	14
Sivukivialueen KL1 ympäristö- ja vesitalouslupa nro 107/2023	14
Vaasan hallinto-oikeuden välipäätös nro 77/2024	14
Vaasan hallinto-oikeuden päätös nro 1739/2024	14
Asian käsittely korkeimmassa hallinto-oikeudessa	18
Luvan hakijan näkemys Vaasan hallinto-oikeuden päätösten vaikutuksista hakemuksen mukaiseen sivukivialueen sulkemiseen ja peittorakenteeseen	19
Ilmoitukset koeluonteisesta toiminnasta	19
Kainuun ELY-keskuksen päätökset	20
Muut asiaan liittyvät aluehallintovirastossa vireillä olevat hakemukset ja annetut päätökset	20
Kuusilammen avolouhoksen länsipuolella sijaitsevan sivukivialueen KL1 sulkeminen ja peittorakenteen toteuttaminen (PSAVI/9228/2024)	20
Kolmisopen malmion maa-alueen louhinnan ympäristö- ja vesitalouslupahakemus sekä ympäristöluvan nro 87/2022 olennainen muuttaminen (PSAVI/8746/2023)	21
Päätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 185 mukainen sulkemissuunnitelma (PSAVI/16044/2024)	21
Päätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 102 mukainen jätehuoltosuunnitelma (PSAVI/16043/2024)	22
Kipsisakka-altaan 1 sulkeminen (PSAVI/16183/2023)	22
Sotkamon kaivoksen vesienhallinnan ja -käsittelyn tehostaminen sekä sakkojen kuivaläjityksen toteuttaminen (päätös nro 166/2024)	23
Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA)	23
Kaivosoikeudet	25
Kaavoitustilanne	25
SIVUKIVIALUE KL2	27
Yleiskuvaus	27
Sivukivialueelle KL2 sijoitetun sivukiven määrä ja jäteluokitus	28
Sivukiven ominaisuudet	29
Geologiset ominaisuudet	29
Kokonaispitoisuudet	30
Liukoisuustestit	32
Haponmuodostus ja neutralointipotentiaali	33
Jäteluokitus ja siihen liittyvät vaaraominaisuudet	35
Sulkemissuunnittelun yhteydessä tehty täydentävä ominaisuuksien määrittely	36
ABA-testi	38
Kokonaispitoisuuksien mittaaminen kuningasvesiuutolla	39

NAG-testi	40
Röntgendiffraktiometria (XRD)	43
Mineraalipistelaskenta (MLA käyttäen SEM/EDX).....	44
Kolonnikokeet	45
Kosteuskammiokokeet (HCT)	46
Lausunto pitkäaikaistestauksen tuloksista (hakemuksen täydennys 10.4.2025).....	50
Sivukivialueen pohjarakenteet ja nykytilanteen vesien johtaminen	55
Pohjarakenteen alapuolinen kuivatus.....	55
Toteutettu pohjarakenne	56
Suotovesien johtaminen nykytilanteessa.....	57
Muutos KL2-jätealueen vesien keräämisessä ja johtamisessa	57
Vesien johtaminen käsittelyyn	57
Suotovesien määrä ja laatu	59
TEHDYT KOERAKENTEET JA PEITTORAKENTEISIIN LIITTYVÄ KOETOIMINTA.....	62
Vuosi 2011–2012	64
Vuosi 2016	64
Vuosi 2018.....	64
Vuosi 2020.....	65
Vuosi 2021	65
Vuosi 2024.....	66
Koetoiminnan tulosten yhteenveto	67
Koetoiminnoista saadut kokemukset luiskien eroosiosta	68
Koetoimintojen tulosten huomioiminen peittorakenteen valinnassa	68
SIVUKIVIALUEEN KL2 SULKEMINEN	69
Sulkemisen lähtökohdat	69
Lainsäädännön vaatimukset ja kaivosalan yleiset ohjeet	69
Aiemmat sulkemissuunnitelmat.....	71
Sulkemisen tavoitteet	71
Sivukivialueen peittorakenne	73
Yleistä.....	73
Peittorakenteen mallinnus.....	75
Perustelut peittorakenteen valinnalle	79
Kalvorakenteen valintaperusteet.....	80
Peittorakenteen muut kerrokset	80
Peittorakenteen pitkäaikaiskestävyys.....	81
Sivukivikasan muotoilu.....	91
Työnaikaiset järjestelyt.....	93
Rakennekerrokset.....	93
Peittorakenteen rakentaminen	97
Arvio suojakerroksen paksuuden riittävydestä.....	99
Destia Oy:n täydentävä lausunto peittorakenteesta (hakemuksen täydennys 20.5.2025)	100
Terrafame Oy:n täsmennys peittorakennetta koskien (hakemuksen täydennys 20.5.2025) .	104
Vesienkäsittely ja vesien johtaminen sulkemisvaiheessa ja sen jälkeen.....	105
Sivukivialueella muodostuvat vedet	107
Laskeutusaltaiden rakenteet ja rakentaminen	110
Sivukivialueen ulkopuoliset vedet.....	112
Suotovesien määrä ja laatu sulkemisen jälkeen.....	112
Geokemiallisen mallinnuksen lähtötiedot	112
Geokemiallinen mallinnus	116
Varastokuorman vaikutus suotovesien laatuun	120

Rapautumisreaktioiden hiipumisen ja uudelleen käynnistymisen vaikutus suotovesien laatuun	122
Maisemointisuunnitelma ja alueen jatkokäyttö	124
Kasvukerroksen kasvittaminen	124
Alueen jatkokäyttö	126
Sulkemisen aikataulu	126
Rakennusvaiheen 1 peittorakenteen toteutussuunnitelma	129
Vesien johtaminen	130
Lysimetri	131
Suojageotekstiili	132
LLDPE-kalvo	132
Salaojamatto	133
Kasvualustat	134
Kaasunvaihdon mittaus	134
YMPÄRISTÖN NYKYTILAN KUVAUS	134
Maisema ja kulttuuriympäristö	134
Asutus ja virkistyskäyttö	135
Maa- ja kallioperä	137
Kallioperä	137
Maaperä	138
Pintavedet	140
Yleiskuvaus	140
Oulujoen vesistöalue	142
Vuoksen vesistöalue	144
Vesistöjen taustapitoisuusselvitys	144
Sivukivialueen KL2 vaikutukset vesistöihin nykytilanteessa	144
Pohjavedet	144
Yleiskuvaus	144
Pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailu	146
Pohjaveden laadun tarkkailu	147
Luonto ja suojelualueet	149
Suojelualueet	150
Uhanalaiset eliölajit	151
Luontodirektiivin liitteen IV(a) lajit	152
Melu	152
Tärinä	154
Ilmanlaatu ja päästöt ilmaan	154
Hajapölypäästöjen hallintasuunnitelma	154
Sivukivialueen KL2 pölyselvitys	155
Laskeumamittaukset	156
Biologinen tarkkailu	158
ARVIO SIVUKIVIALUEEN SULKEMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA	159
Vaikutukset kaavoitukseen ja maankäyttöön	159
Vaikutukset yleiseen viihtyvyyteen ja ihmisten terveyteen	159
Vaikutukset maisemaan ja kulttuuriympäristöön	160
Vaikutukset maa- ja kallioperään	161
Vaikutukset pintavesiin	161
Vaikutukset päästöihin ja vesitaseeseen	161
Vaikutukset pohjavesiin	162
Vaikutukset vesienhoitosuunnitelman tavoitteisiin	162
Oulujoen–lijoen vesienhoitoalue	163

Vaikutukset luontoon ja suojeluarvoihin	164
Meluvaikutukset	165
Tärinävaikutukset.....	166
Vaikutukset ilmanlaatuun	166
Vaikutukset liikenteeseen.....	167
YMPÄRISTÖRISKIT JA NIIHIN VARAUTUMINEN	167
Ympäristöriskinarviointi	169
PARAS KÄYTTÖKELPOINEN TEKNIikka (BAT).....	174
Arvio parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) soveltamisesta	174
Arvio ympäristön kannalta parhaan käytännön (BEP) soveltamisesta	180
TOIMINNAN JA SEN VAIKUTUSTEN TARKKAILU	181
Käyttötarkkailu	181
Vesijakeiden tarkkailu	182
Vaikutustarkkailu.....	183
Raportointi	184
VAKUUS	184
Kaivannaisjätealueita koskeva ja jätehuollon varmistamiseksi asetettava vakuus	184
VAHINKOARVIO JA VAHINKOA ESTÄVÄT TOIMENPITEET	185
HAKIJAN ESITYS YMPÄRISTÖLUVAN NRO 87/2022 LUPAMÄÄRÄYKSEN	186
MUUTTAMISEKSI	185
TOIMINNAN ALOITTAMINEN MUUTOKSENHAUSTA HUOLIMATTA	186
Vakuus.....	187
HAKEMUKSEN KÄSITTELY	187
Hakemuksen täydennykset	187
Hakemuksesta tiedottaminen	187
Lausunnot.....	188
Muistutukset ja mielipiteet	206
Hakijan kuuleminen ja selitys	208
Tapaamiset.....	248
MERKINNÄT	248
ALUEHALLINTOVIRASTON RATKAISU	249
KÄSITTELYRATKAISU	249
YMPÄRISTÖLUPARATKAISU.....	249
UUDET LUPAMÄÄRÄYKSET	249
Sivukivialueen KL2 sulkeminen.....	249
Tarkkailu ja raportointi.....	253
OHJAUS ENNAKOIMATTOMIEN VAHINKOJEN VARALLE	255
RATKAISUJEN PERUSTELUT	255
Käsittelyratkaisun perustelut	255
Ympäristöluvan harkinnan perusteet.....	256
Käsiteltävä asia ja sen tausta.....	256
Ympäristönsuojelulain 41 §:n ja 46 §:n mukaisen samanaikaisen käsittelyn tarpeen ar- viointi	259
Valituksenalaisten lupapäätösten nro 87/2022 ja 107/2023 vireilläolovaikutuksen mer- kityksen arviointi sivukivialueen KL2 sulkemisen kannalta	265
Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA).....	266
Luvan myöntämisen edellytykset	267
Toiminnan lopettamiseen liittyvä sääntely	267
Hakemuksen mukaisen peittorakenteen arviointi	270
Päästöt ja vaikutukset pintavesiin	280
Päästöt ja vaikutukset maaperään ja pohjavesiin.....	284

Vesienhoitosuunnitelman huomioon ottaminen	284
Melu ja värinä	284
Päästöt ilmaan ja vaikutukset ilmanlaatuun	285
Vaikutukset luontoon ja suojeluarvoihin	285
Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)	285
Kaivannaisjätteen jätealuetta koskeva vakuus	287
Lopputulema luvan myöntämisen edellytyksistä	291
Lupamääräysten perustelut	291
Määräykset pilaantumisen ehkäisemiseksi	291
Tarkkailu- ja raportointimääräykset	294
VASTAUS YKSILÖITYIHIN VAATIMUKSIIN	296
LUVAN VOIMASSAOLO JA KORVATTAVA MÄÄRÄYS	297
Päätöksen voimassaolo	297
Korvattava määräys	298
Lupaa ankaramman asetuksen noudattaminen	298
PÄÄTÖKSEN TÄYTÄNTÖÖNPANO	298
Päätöksen yleinen täytäntöönpanokelpoisuus	298
Toiminnan aloittaminen muutoksenhausta huolimatta ja vakuus	298
Täytäntöönpanoratkaisun perustelut	299
SOVELLETUT SÄÄNNÖKSET	300
KÄSITTELYMAKSU	300
Ratkaisu	300
Perustelut	300
Oikeusohjeet	301
PÄÄTÖKSESTÄ TIEDOTTAMINEN	301
MUUTOKSENHAKU	303

HAKEMUS JA ASIAN VIREILLETULO

Terrafame Oy on 16.2.2024 toimittanut Pohjois-Suomen aluehallintovirastoon hyväksyttäväksi Kuusilammen sivukivialueen KL2 sulkemista ja peittorakenteen hyväksymistä koskevan suunnitelman.

Suunnitelman mukaan sivukivialue KL2 suljetaan rakentamalla läjitetyn ja muotoillun sivukiven päälle peittorakenne vaiheittain aloittaen alueen eteläosan lohkoista 1. Peittorakenteeksi esitetään koetoimintojen tulosten perusteella kalvomateriaaliin perustuvaa tiivisrakennetta, joka koostuu sivukivilouheen yläpinnasta lukien kiilauskerroksesta, suojageotekstiilistä, LLDPE-kalvosta, salaojamatosta, pintakerroksesta ja pinta- maakerroksesta.

Peittorakenteen päällä muodostuva pintavalunta ohjataan kolmen laskeutusaltaan kautta luontaisille purkureiteille. Sivukivitäytössä muodostuvien suotovesien määrän on arvioitu vähenevän olennaisesti. Tuotannon aikana nämä vedet voidaan johtaa vastaavasti kuin nykytilanteessa joko vesienkäsittelyyn tai liuoskiertoon. Kuusilammen avolouhoksen toiminnan loputtua sivukivialueella KL2 mahdollisesti muodostuvat vedet varaudutaan johtamaan Kuusilammen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen.

Terrafame Oy hakee lisäksi muutosta ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräykseen 186 koskien sulkemiseen liittyvien yksityiskohtaisten rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmien toimittamista jatkossa.

TOIMINTA JA SEN SIJAINTI

Terrafamen kaivosalue sijaitsee Sotkamon ja Kajaanin kuntien alueella, noin 23 km Sotkamon keskustasta lounaaseen. Sivukivialue KL2 sijoittuu kaivospiirin itäreunaan kiinteistöllä 765-402-60-62.

Sivukivialue KL2 on rakennettu ja täytetty vaiheittain viidessä erillisessä lohkoissa. Lohkot 1–4 on otettu käyttöön vuosina 2016–2021. Sivukiven läjittäminen alueelle on alkanut vuonna 2017. Lohkon 5 rakentaminen on alkanut vuonna 2021. Alueen kokonaispinta-ala on noin 200 hehtaaria. Sivukivialue KL2 on täyttynyt kokonaan tammikuussa 2024, minkä jälkeen sivukiven läjitys on siirtynyt sivukivialueelle KL1.

Kaivospiirin pinta-ala on noin 60 km². Käytössä olevat tuotantoalueet ovat Kuusilammen avolouhos (noin 140 ha), primääriliuotusalue (noin 200 ha), sekundääriliuotusalue lohkot 1–4 (noin 290 ha), pintamaiden läjitysalueet (yhteensä noin 190 ha), kipsisakka-altaat (noin 127 ha), sivukivialue KL2 (noin 200 ha) sekä tehdasalue. Lisäksi rakenteilla ovat sekundääriliuotusalue lohkot 5–8 (yhteensä noin 310 ha) sekä uusi sivukivialue KL1 (yhteensä noin 370 ha), jonka ensimmäiset osat on otettu tuotannolliseen käyttöön vuoden 2024 alussa.

SUUNNITELMAN TOIMITTAMISEN PERUSTE

Terrafame Oy:n Sotkamon kaivos- ja metallituotantoa koskevan täytöntöönpanokelpoisen ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 186 mukaan luvan saajan on toimitettava hakemuksena aluehallintovirastoon yksittäistä jätealuetta koskeva yksityiskohtainen sulkemiseen liittyvä rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelma 10 kuukautta ennen kyseisen jätealueen sulkemistöiden aloittamista.

Terrafame Oy on vuonna 2024 aloittanut sulkemistoimenpiteet sivukivialueella KL2 tämän hakemuksen mukaisella peittorakenteella.

LUPAVIRANOMAISEN TOIMIVALTA

Ympäristönsuojelusta annetun asetuksen 1 §:n (952/2020) 2 momentin 7 a) -kohdan mukaisesti valtion ympäristölupaviranomainen ratkaisee kaivostoimintaa koskevat ympäristölupa-asiat.

TOIMINTAA KOSKEVAT OLENNAISET PÄÄTÖKSET, LAUSUNNOT, YVA, SOPIMUKSET JA ALUEEN KAAVOITUSTILANNE

Sotkamon kaivostoimintaa koskevat ympäristölupapäätökset nro:t 33/07/1 ja 36/2014/1

Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto on 29.3.2007 myöntänyt Talvivaara Projekti Oy:lle (myöhemmin Talvivaara Sotkamo Oy) Talvivaaran kaivoksen ympäristö- ja vesitalousluvan nro 33/07/1. Vaasan hallinto-oikeus on 15.2.2008 antamallaan päätöksellä nro 08/0039/1 pääosin hylännyt ympäristölupaviraston päätöksestä tehdyt valitukset sekä osittain muuttanut sanottua päätöstä. Korkein hallinto-oikeus on päätöksellään 24.11.2008 (taltionumero 2953) hylännyt Vaasan hallinto-oikeuden päätöksestä tehdyt valitukset. Ympäristöluvassa on myönnetty lupa tarvittaville sivukivialueille. Luvan nro 33/07/1 määräyksessä 91 on edellytetty, että sivukiven läjitysalueille on tehtävä tiivis pintarakenne, joka estää sadeveden ja hapen kulkeutumisen läjitysalueen sisälle.

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on 30.4.2014 myöntänyt Talvivaara Sotkamo Oy:lle Talvivaaran kaivoksen koko toiminnan olennaista muuttamista koskevan uuden toistaiseksi voimassa olevan ympäristö- ja vesitalousluvan nro 36/2014/1. Lupa on koskenut toimintaan liittyviä kaivannaisjätteen jätealueita. Päätöksellä on korvattu Pohjois-Suomen ympäristölupaviraston 27.3.2007 antamasta päätöksestä nro 33/07/1 ympäristölupa siihen hallinto-oikeuden päätöksellä tehtyine muutoksineen. Päätöksen nro 33/07/1 vesitalouslupa on jäänyt voimaan. Lisäksi päätöksellä on korvattu ympäristölupapäätökset, joilla edellä mainittua päätöstä nro 33/07/1 on muutettu tai on annettu ympäristölupa kaivosaluelle sijoittuvalle uudelle toiminnalle. Vaasan hallinto-oikeus on 28.4.2016 antamassaan päätöksessä nro 16/0090/2 osin muuttanut

päätöstä ja muuttanut ympäristöluvan määräaikaiseksi. Päätös on voimassa siihen saakka, kunnes uutta ympäristölupaa koskeva lupahakemus on lainvoimaisella tai täytäntöönpanokelpoisella päätöksellä ratkaistu. Korkein hallinto-oikeus on 9.5.2017 antamallaan päätöksellä (talionro 2158) pääosin hylännyt Vaasan hallinto-oikeuden päätöksestä tehdyt valitukset.

Lupapäätöksen nro 36/2014/1 lupamääräyksessä 111 on edellytetty muun muassa, että jätealueiden sulkeminen tiiviillä pintarakenteella on aloitettava tuotantotoiminnan aikana sitä mukaa, kun jätealueen osa saavuttaa lopullisen kokonsa ja muotonsa tai sen käyttö on muusta syystä loppunut. Määräyksen mukaan sulkemistoimia on jatkettava vuosittain täyttötoiminnan edetessä. Muotoiltujen kaivannaisjätteen jätealueiden päälle on tehtävä tiivis pintarakenne, jonka lakialueella on oltava alhaalta lukien yhtenäinen 1,5 mm:n HDPE-muovikalvosta tehty keinotekoinen eriste ja sen päälle asennettuna vähintään 0,5 m:n paksuinen suoja- ja kasvukerros. Keinotekoinen eriste on suojattava ylä- ja alapuolelta pistemäisiä kuormituksia vastaan. Määräyksen mukaan luiskissa keinotekoisien eristeen päälle on asetettava vähintään 200 mm:n kuivatuskerros, jonka päälle tulee vähintään 0,5 m:n paksuinen suoja- ja kasvukerros. Kerrokset on tarvittaessa erotettava suojageotekstiilillä.

Sivukivialueen KL2 ympäristölupa nro 76/2017/1

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on myöntänyt 22.9.2017 päätöksellään nro 76/2017/1 (Dnro PSAVI/2827/2016) ympäristöluvan sivukivialueen KL2 lohkojen 1–4 toimintaan. Päätöksessä on huomioitu erittäin uhanalaisen rotkokehräjäkälän (*Lecanora epanora*) elinympäristön vaatima suojelurajaus lohkolla 2. Hakemus on tuolloin hylätty sivukivialueen KL2 lohkon 5 osalta. Päätöksessä on hyväksytty Sotkamon kaivoksen ympäristölupapäätöksen nro 36/2014/1 lupamääräyksen 71 mukaiset sivukivialuetta KL2 ja siihen liittyviä suotovesialtaita sekä patoja koskevat yksityiskohtaiset rakennussuunnitelmat, työselostukset ja laadunvalvontasuunnitelmat ja jätealueen käyttö- ja kunnossapitosuunnitelma sekä alustava sulkemissuunnitelma. Päätöksessä on muutettu päätöksen nro 36/2014/1 lupamääräystä 65 ja vakuutta koskevaa lupamääräystä 117 sivukiven läjitysalueen koskevan vakuuden osalta.

Sivukivialueen KL2 lohkoille 1–4 määrätty pohjarakenteet ovat päätöksen nro 76/2017/1 lupamääräyksen 3 mukaan seuraavat:

- tiivisrakenteen alapuolinen kerros
 - o louhetäyttö, jonka päällä vähintään 150 mm paksuinen kiilauskerros 0–65 mm kalliomurskeesta ja sen päällä vähintään 100 mm suojakerros 0–16 mm kalliomurskeesta tai
 - o luontainen tasattu ja kivetön moreeni
- bentoniittimatto, jonka vedenläpäisevyys on enintään $1,1 \times 10^{-11}$ m/s ja jonka bentoniittikerroksen paksuus vähintään 6 mm
- saumoiltaan tiiviiksi hitsattu 1,5 mm:n HDPE-kalvo
- suojageotekstiili, jonka painoluokka on vähintään 400 g/m²

- vähintään 150 mm paksu primääri-liuotuskasalta seulotusta 0–12 mm malmimurskeesta rakennettava suojakerros
- sivukivestä (0–200 mm) rakennettu suojakerros, jonka paksuus on vähintään 500 mm
- tiivisrakenteen suojakerrokseksi rakennettava vähintään 1,5 m paksu louhekerros 0–500 mm louheesta.

Sotkamon kaivos- ja metallituotannon ympäristö- ja vesitalouslupa nro 87/2022

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on myöntänyt 20.6.2022 päätöksellään nro 87/2022 (Dnro PSAVI/2461/2017) Terrafame Oy:lle ympäristö- ja vesitalouslupan Sotkamon kaivos- ja metallituotantoon (ns. päälupa). Päätöksessä on myönnetty lupa sivukivialueen KL2 laajentamiseen uuden lohkon 5 (noin 37 hehtaaria) rakentamiseksi ja käyttöön ottamiseksi, jolloin sivukivialueen KL2 luvan mukainen pinta-ala on yhteensä 200 hehtaaria.

Ympäristölupa on myönnetty määräaikaisena 31.3.2030 asti. Päätöksen mukaan, jos toiminnanharjoittaja aikoo jatkaa toimintaansa voimassaoloajan jälkeen, on päätös voimassa mainitun ajankohdan jälkeen siihen saakka, kunnes toiminnanharjoittajan viimeistään 31.3.2029 vireille panema uutta ympäristölupaa koskeva lupahakemus on lainvoimaisella tai täytäntöönpanokelpoisella päätöksellä ratkaistu.

Aluehallintovirasto myönsi päätöksessään Terrafame Oy:lle oikeuden aloittaa päätöksen mukainen toiminta lupaa noudattaen muutoksenhausta huolimatta. Päätös nro 87/2022 ei ole lainvoimainen.

Lupapäätöksen nro 87/2022 lupamääräykset 186 ja 187 kuuluvat seuraavasti:

186. Luvan saajan on toimitettava hakemuksena aluehallintovirastoon 10 kuukautta ennen yksittäisen jätealueen tai kaatopaikan sulkemistöiden aloittamista koko kaivosalueen sulkemissuunnittelun tuottaman tiedon perustella laadittu kyseistä yksittäistä jätealuetta tai kaatopaikkaa koskeva yksityiskohtainen sulkemiseen liittyvä rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelma.

187. Luvan saajan on aloitettava kaivannaisjätteen jätealueiden, kaatopaikkojen sekä toisen vaiheen liuotusalueiden sulkeminen tiiviillä pinta-rakenteella tuotantotoiminnan aikana sitä mukaa, kun jätealueen tai kaatopaikan osa saavuttaa lopullisen kokonsa ja muotonsa tai sen käyttö on muusta syystä loppunut ja kun sulkemista koskeva lupamääräyksen 186 tarkoittama ympäristölupapäätös on tullut lainvoimaiseksi tai täytäntöönpanokelpoiseksi.

Sivukivialueen KL2 lohkon 5 ympäristölupa ja pohjarakennevaatimusten muuttaminen päätöksessä nro 87/2022

Sivukivialueen KL2 lohkon 5 rakentamiseen ja käyttöön on myönnetty ympäristölupa 20.6.2022 Sotkamon kaivoksen ja metallituotannon pääluvassa nro 87/2022.

Päätöksessä on muutettu sivukivialueen KL2 pohjarakenteiden vaatimuksia siltä osin kuin niitä ei ollut vielä toteutettu. Lupamääräyksen 118 mukaan:

”Sivukivialueen KL 2 uuden lohkon 5 pohjarakenteet, niiltä osin kuin niitä ei tämän päätöksen antopäivänä ole vielä toteutettu, on tehtävä siten, että sen pohjarakenne louhepenkereen päällä muodostuu vähintään seuraavista rakenteista ylhäältä alaspäin:

- Louhe 0/500 1 500 mm
- Suojakerros sivukivestä 0/200 500 mm
- Suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12 150 mm
- Suodatinkangas, geotekstiili 1 200 g/m²
- HDPE-kalvo 2,0 mm
- Bentoniittimatto, jossa bentoniitin massa on > 6 kg/m² ja vedenläpäisevyys $k \leq 1 \cdot 10^{-11}$ m/s
- Suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12 tai KaM 0/16, 100 mm”

Aluehallintovirasto on perustellut päätöksessään lupamääräystä 118 seuraavasti: *”Sivukivialueen KL2 lohkot 1–4 on rakennettu aiemmin annetun luvan nojalla ja hakemuksessa esitetysti. Lohkot on jo otettu käyttöön ja ne ovat jo pääosin täytetty tässä sallittuun täyttötasoon. Käyttöön otettujen jätealueiden osalta rakenteita ei ole mahdollista jälkikäteen muuttaa. Tältä osin pohjarakenteista ei ole tarpeen enempää määrätä.*

Uuden lohkon 5 rakentaminen on jo alkanut ja hakemuksen mukaan pohjarakenne muodostuu seuraavista kerroksista louhepenkereen päällä: suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12 tai KaM 0/16, 100 mm, bentoniittimatto, HDPE-kalvo 1,5 mm, suodatinkangas geotekstiili 1 200 g/m² BS80, suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12, 150 mm, suojakerros sivukivestä 0/200, 500 mm, louhe 0/500, 1 500 mm. Jo toteutettu rakenne on hyväksytty hakemuksen mukaisena. Kun otetaan huomioon asian käsittelyyn kulunut aika ja alueen käyttöönoton kiireellisyys, olisi kohtuutonta edellyttää tehtyjen rakenteiden uusimista.

Sivukivialueen tarkkailutulokset ovat osoittaneet, että suotovedet sisältävät huomattavia määriä ympäristölle erittäin haitallisia metalleja. Sivukivialueen täyttökorkeus ja pohjarakenteisiin kohdistuva kuormitus on suuri. Sivukivialueen pohjarakenteet ovat keskeinen tekijä toiminnan aikana ja osin jälkihoitovaiheessakin aiheutuvan pilaantumisen vaaran estämisessä. Esityksestä poiketen on keskeisimmän uusien alueiden suojausrakenteen eli HDPE-kalvon paksuudeksi määrätty 2,0 mm. Kalvon paksuuden kasvattaminen > 30 %:lla lisää vastaavasti kalvon lujuus- ja kestävyysominaisuuksia, mikä vähentää riskiä rakenteen vaurioille.

Määräyksen mukainen 2,0 mm:n HDPE-kalvo on laajasti käytössä erilaisten jätealueiden suojausrakenteissa ja se on parasta käyttökelpoista tekniikkaa kyseessä olevien jätteiden sijoittamiseen käytettävällä kaivannaisjätteen jätealueella.”

Bentoniittimaton vaadittavista ominaisuuksista on lupamääräyksessä 118 määrätty ympäristön pilaantumisen vaaran minimoimiseksi muun muassa seuraavin perusteluin: *”Toiminnan aikana saatujen tietojen perusteella etenkin malmin ja sivukiven käsittely- ja läjitysalueiden suoto-vedet sisältävät runsaasti ympäristölle haitallisia metalleja. Pilaantumisen vaaran minimoimiseksi uusien rakenteiden osalta on määrätty käytettäväksi aiemmin käytettyä bentoniittimattoa paksumpaa mattoa. Käytännössä käytettäväksi määrätty bentoniittimatto vastaa vaarallisen jätteen kaatopaikan maaperän vedenläpäisevyysvaatimusta, josta on säädetty valtioneuvoston asetuksessa kaatopaikoista. Määräyksessä käytettäväksi edellytetty bentoniittimatto on vastaava, mitä luvan saaja on käyttänyt kipsisakka-altaan 3 rakenteissa. Kyseisellä matolla pystytään merkittävästi vähentämään mahdollisesta HDPE-kalvon rikkoutumisesta aiheutuvaa vuotoriskiä. Kaivosalueella on käytetty myös mattoja, joiden bentoniitin neliöpaino on nyt määrättyä alhaisempi. Olettaessa huomioon toiminnasta aiheutuva pilaantumisen vaara ja sen estäminen sekä varovaisuusperiaate, on aiempaa paksumman maton käyttämisen edellyttäminen perusteltua.”*

Vaasan hallinto-oikeuden välipäätös nro 76/2024

Lupapäätöksestä nro 87/2022 valitettiin Vaasan hallinto-oikeuteen, joka antoi 23.1.2024 asiassa välipäätöksen nro 76/2024. Välipäätöksellä hallinto-oikeus kielsi muun muassa tuotannon nostamisen myönnetyn ympäristöluvan mukaiselle tasolle, kunnes valitusasia on hallinto-oikeudessa ratkaistu tai kunnes asiasta toisin määrätään. Täytäntöönpano-oikeutta ei muutettu sivukivialueen KL2 toiminnan osalta.

Vaasan hallinto-oikeuden päätös nro 1738/2024

Vaasan hallinto-oikeus antoi lupapäätöksestä nro 87/2022 tehtyihin valituksiin 19.12.2024 päätöksen nro 1738/2024.

Päätöksessä nro 1738/2024 on muutettu luvan voimassaoloa. Hallinto-oikeuden muuttamana ympäristölupapäätös on voimassa 31.12.2028 saakka, tai jos toiminnanharjoittaja aikoo jatkaa toimintaansa voimassaoloajan jälkeen, päätös on voimassa mainitun ajankohdan jälkeen siihen saakka, kunnes toiminnanharjoittajan viimeistään 30.6.2027 vireille panema uutta ympäristölupaa koskeva lupahakemus on lainvoimaisella tai täytäntöönpanokelpoisella päätöksellä ratkaistu.

Vaasan hallinto-oikeus ei muuttanut muilta kuin luvan voimassaoloa koskevilta osin sivukivialuetta KL2 koskevaa ympäristölupaa.

Vaasan hallinto-oikeuden päätöksen perusteluissa on todettu muun muassa sivukivialuetta KL2 koskien seuraavasti:

Päätöksen sivulla 132: ”Erityisesti vielä sulkematta olevan sivukivialueen KL2, kipsisakka-aitaiden 1 ja 2 sekä vuoden 2026 alkupuolella lopullisen täyttökorkeutensa saavuttavan olemassa olevan toisen vaiheen liuotusalueen lohkojen 1–4 valuma-alueita on pidettävä koko toiminnan vesienhallinnan näkökulmasta merkityksellisinä alueiden pinta-ala ja niillä muodostuva vuotuinen valumavesimäärä huomioon ottaen.” Päätöksen sivuilla 138: ”Alueella ei ole vielä suljettu käytöstä poistettuja jätealueita tai niiden osia. Sivukivialue KL2 on ollut avoinna ja siten alttiina hapen ja veden vaikutukselle useita vuosia, jolloin kemialliset reaktiot sivukivitäytön sisällä muodostavat happamia ja metallipitoisia suotovesiä, jotka edelleen kuormittavat alueen vesienhallintajärjestelmää. Kun otetaan huomioon jätteiden laadusta, liukoisuudesta ja vaaraominaisuuksista sekä jätealueilta aiheutuvien suoto- ja valumavesien ja kipsisakka-aitailta lähtevän jäteveden laadusta hakemuksessa esitetyt tiedot, aiheuttavat sulkematta olevat jätealueet merkittävän lisäkuormituksen kaivosalueen vesienhallintajärjestelmään.”

Päätöksen sivuilla 138–139: ”Hallinto-oikeus toteaa, että saadun selvityksen perusteella kipsisakka-aitaalla 1 on ollut käynnissä peiterakennekokeita vuodesta 2016 alkaen ja olemassa olevalla toisen vaiheen liuotusalueella ja sivukivialueella KL2 vuodesta 2018 alkaen. Alueella toteutettujen koejärjestelyiden lisäksi yhtiö on toteuttanut jätteiden karakterisointia ja mahdollisten peiterakennerratkaisuiden pitkäaikaiskestävyyttä ja muiden ominaisuuksien kartoittamista koskevia laboratorikokeita. Kun otetaan huomioon nyt kysymyksessä olevien jätteiden laatu ja niistä muodostuvien suotovesien laatu ja haitallisuus ympäristölle sekä se, että valittavien peiterakenteiden on kestävä kohteen olosuhteissa vähintään satoja vuosia, on kohteisiin mahdollisesti soveltuvien peiterakenteiden testaukseen ja valintaan kiinnitettävä erityistä huomiota.”

Päätöksen sivulla 139:

”Terrafame Oy on hallinto-oikeuden katselmuksen johdosta toimittamassaan lisäselvityksessä todennut, että sen tarkoituksena on sulkea 10 hehtaarin suuruinen koeala sivukivialueella KL2 vuonna 2024, minkä jälkeen sulkemisen on tarkoitus jatkua noin 50 hehtaaria vuodessa. Aluehallintoviraston toimittaman Terrafame Oy:n vireillä olevia lupahakemuksia koskevan diaariotteen mukaan Terrafame Oy on 16.2.2024 pannut aluehallintovirastossa vireille sivukivialueen KL2 sulkemista ja peitterakenteen toteuttamista koskevan hakemuksen. Hallinto-oikeus toteaa yhtiön esittämä sulkemisaikataulu ja valituksenalaisilla päätöksillä hyväksytyt sivukivialueiden KL2 (200 ha) ja KL1 (370 ha) pinta-alat huomioon ottaen, että jätealueiden sulkemattomuus tulee vaikuttamaan kaivosalueen vesienhallintaan ja jätevesien laatuun vielä vuosia.”

Päätöksen sivulla 148:

”Edellä todetusti sivukivialueen KL2 lohko 5 on rakennettu ja sen täyttäminen on aloitettu ennen valituksenalaisen päätöksen antamista. Hallinto-oikeuden katselmuksella tehtyjen havaintojen ja Terrafame Oy:n

hallinto-oikeuden katselmuksen johdosta antaman lisäselvityksen perusteella sivukivialueen KL2 lohko 5 on täytetty lopulliseen tasoonsa valitusten käsittelyn aikana. Alueelle loppusijoitetun sivukiven määrä ja laajennusalueen liittyminen olemassa olevaan sivukivialueeseen huomioon ottaen pohjarakenteiden muuttaminen jälkikäteen ei käytännössä ole mahdollista. Tähän nähden keskeistä on sivukivialueen KL2 sulkeminen tiiviitä pintarakenteita käyttäen veden ja hapen kulkeutumisen estämiseksi ja sivukivialueesta aiheutuvan ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi. Sulkemisen jälkeen sivukivialueesta aiheutuva ympäristön pilaantumisen riski pienenee, kun vielä otetaan huomioon, että valituksenalaisen päätöksen lupamääräyksessä 11 on määrätty puhtaiden vesien erottamisesta likaantuneista vesistä ja johtamisesta maastoon. Hallinto-oikeus katsoo näissä oloissa, että sivukivialuetta KL2 koskevia valituksenalaisen päätöksen lupamääräyksiä ei ole asian tässä vaiheessa syytä muuttaa.”

Asian käsittely korkeimmassa hallinto-oikeudessa

Vaasan hallinto-oikeuden päätöksestä on haettu valituslupaa ja valitettu korkeimpaan hallinto-oikeuteen. Vaasan hallinto-oikeuden päätös ei ole lainvoimainen.

Sivukivialueen KL1 ympäristö- ja vesitalouslupa nro 107/2023

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on myöntänyt 29.6.2023 päätöksellään nro 107/2023 (Dnro PSAVI/4347/2020) ympäristö- ja vesitalousluvan sivukivialueen KL1 ja Rajasuon tilapäisen maankaatopaikan rakentamiseen ja toimintaan. Ympäristölupa on myönnetty määräaikaisena 31.3.2030 asti toimintaa koskevan pääluvan (nro 87/2022) määräaikaisuuden vuoksi. Aluehallintovirasto on samalla myöntänyt Terrafame Oy:lle oikeuden aloittaa päätöksen mukainen toiminta lupaa noudattaen muutoksenhausta huolimatta.

Lupapäätöksen lupamääräyksen 14 mukaan luvan saajan on suunniteltava ja toteutettava lohkojen 1–6 täyttötoiminto siten, että ympäristöluvan mukaisella rakenteella sulkematta olevan jätealueen laajuus on joka tilanteessa enintään 100 hehtaaria.

Vaasan hallinto-oikeuden välipäätös nro 77/2024

Sivukivialuetta KL1 koskevasta lupapäätöksestä nro 107/2023 valitettiin Vaasan hallinto-oikeuteen, joka antoi 23.1.2024 asiassa välipäätöksen nro 77/2024. Välipäätöksellä hallinto-oikeus kielsi toiminnan aloittamisen sivukivialueen KL1 lohkojen 1–4 osalta, kunnes valitusasia on hallinto-oikeudessa ratkaistu tai kunnes asiasta toisin määrätään.

Vaasan hallinto-oikeuden päätös nro 1739/2024

Vaasan hallinto-oikeus antoi lupapäätöksestä nro 107/2023 tehtyihin valituksiin 19.12.2024 päätöksen nro 1739/2024. Hallinto-oikeus hylkäsi

Terrafame Oy:n hakemuksen sivukivialueen KL1 lohkoja 1, 2 ja 4 koskevilta osin ja muutti lupamääräyksiä 14, 15, 20, 21 ja 36 sekä luvan voimassaoloa.

Hakemuksen osittainen hylkääminen

Vaasan hallinto-oikeus on perustellut päätöstä lohkojen 1, 2 ja 4 hylkäämisen osalta muun muassa seuraavasti:

Päätöksen sivuilla 48–49: ”Jätevesipäästöt ovat keskeisin toiminnasta ympäristöön aiheutuva päästö. Sivukivialueella KL1 ja muulla kaivostoinnalla on yhteinen jätevesien käsittelyjärjestelmä. Eri toimintojen aiheuttamia jätevesipäästöjä ja niiden vaikutuksia ei siten voida erottaa toisistaan. [...] Hallinto-oikeus katsoo, että sivukivialueen KL1 rakentaminen ja käyttöönotto on alueelta muodostuvien valuma- ja suotovesien määrä ja laatu huomioon ottaen omiaan vaikeuttamaan koko kaivostoinnin vesienhallintaa ja vesienkäsittelyä tilanteessa, jossa liuotus- ja jätealueet olennaisesti laajenevat eikä käytöstä poistettuja jätealueita ole suljettu. Sivukivialueelta KL1 muodostuva liuoskiertoon tai jätevesien käsittelyyn johdettava vesimäärä on huomattava, vaikka otetaan huomioon, että valituksenalaisen päätöksen mukaisesti sivukivialueella KL1 saa olla avoimena enintään 100 hehtaaria jätealueita kerrallaan. [...]

Kokonaisuutena tarkastellen ja aluehallintoviraston 20.6.2022 antaman uutta päälupaa koskevan päätöksen numero 87/2022 määräaikaisuus huomioon ottaen kokonaispinta-alaltaan 370 hehtaarin suuruisen uuden sivukivialueen KL1 rakentamista ja käyttöönottoa valituksenalaisessa päätöksessä hyväksytyssä laajuudessa ei voida pitää sallittavana tilanteessa, jossa koko toiminnasta aiheutuvat päästöt ja pilaantumisen vaaraa aiheuttavat riskit ovat hakemusasiakirjoista ja aluehallintoviraston päätöksistä ilmenevän perusteella merkittävimmät seuraavien vuosien aikana, ja samanaikaisesti lopulliseen tasoonsa täytettyjen kaivannaisjätealueiden ja muiden käytöstä poistettujen jätealueiden sulkeminen ei ole toteutunut aiemmissa lupapäätöksissä edellytetyllä tavalla. [...]

Hallinto-oikeus on tänään antamassaan Terrafame Oy:n uutta päälupaa koskevassa päätöksessään katsonut, että luvan myöntämisen edellytykset eivät ole täyttyneet sulkematta olevista ja laajenevista jätealueista aiheutuvan aikaisempaa lupapäätöstä suuremman jätevesien sulfaattipäästön johtamiseksi vesistöön. Tähän nähden uusien jätealueiden perustamista on tarpeen myös tässä asiassa edelleen rajoittaa toiminnasta aiheutuvien ympäristövaikutusten ja ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi.

Lohkojen 3, 5 ja 6 pohjarakenteen muuttaminen

Päätöksessä on muutettu lupamääräystä 15 sivukivialueen KL1 lohkojen 3, 5 ja 6 pohjarakenteen osalta siten, että pohjarakenteeseen edellytetään kaksinkertainen yhdistelmäkalvorakenne (muutos kursivilla):

"15. Sivukivialueen KL1 lohkojen 3, 5 ja 6 pohjarakenteet on tehtävä siten, että sen pohjarakenne louhepenkereen tai moreenimaan päällä muodostuu vähintään seuraavista rakenteista ylhäältä alaspäin:

- Sivukivitäyttö
- Louhe 0/600 1 500 mm
- Suojakerros sivukivestä 0/200 500 mm
- Suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12 150 mm
- Suodatinkangas, geotekstiili 1 200 g/m²
- HDPE-kalvo, 2,0 mm
- Bentoniittimatto, jossa bentoniitin massa on > 6 kg/m² ja vedenläpäisevyys $k \leq 1 \cdot 10^{-11}$ m/s
- Suojakerros, kalliomurske raekooltaan 0/16 mm 100 mm
- Kiilauskerros, kalliomurske raekooltaan 0/63 mm 150 mm
- Louhe 0–600 mm 1 500 mm
- Suojakerros seulottua sivukiveä 0–200 mm 500 mm
- Seulottua purkumalmimursketta 0–12 mm tai kalliomursketta 0–12 mm 300 mm
- Suodatinkangas, geotekstiili 1 200 g/m²
- HDPE-kalvo 2,0 mm
- Bentoniittimatto, jossa bentoniitin massa on > 6 kg/m² ja vedenläpäisevyys $k \leq 1 \cdot 10^{-11}$ m/s
- Tiivistetty pohjamoreeni tai
- Suojakerros KaM 0–16 mm 100 mm
- Kiilauskerros KaM 0–63 mm 150 mm
- Louhepenger

Kaksinkertaisen kalvorakenteen väliin on rakennettava vuotojen havaitsemis- ja keräyskerros."

Vaasan hallinto-oikeus on perustellut päätöstä lohkojen 3, 5 ja 6 pohjarakenteiden muuttamisen osalta muun muassa seuraavasti:

Päätöksen sivuilla 54–55: *"Suunnittelun sijoituspaikan geologiset ominaisuudet huomioon ottaen kysymyksessä olevan jätealueen perustaminen on alueelle loppusijoitettavan jätteen määrä ja laatu huomioon ottaen geoteknisesti erittäin haastava hanke. Alueelle sijoitetut jätteet jäävät alueelle pysyvästi ja jätteiden vaaraominaisuudet huomioiden niistä aiheutuu ympäristön pilaantumisen vaaraa hyvin pitkälle tulevaisuuteen. Alueella käytettävien pohjarakenteiden pitkäaikaiskäyttäytymisestä ja -kestävyydestä on siten varmistuttava osana luvan myöntämisen edellytysten arviointia. [...] Hallinto-oikeus katsoo, että asiassa on jäänyt huomattavaa epävarmuutta hakemuksessa esitetystä ja valituksenalaisessa päätöksessä määrätyn vaiheittaisen sulkemisen periaatteen toteutumisesta, aikataulusta ja ympäristön pilaantumista ehkäisevien sulkemISRakenteiden riittävydestä.*

Päätöksen sivuilla 56–57: *"Hallinto-oikeus toteaa, että keinotekoisessa tiivisrakenteessa käytettävät HDPE-kalvot ovat alttiita muun ohella jännityssäröilylle sekä varastoimisen ja asentamisen aikaisille vaurioille.*

[...] Hakemusasiakirjoista ilmenevästi luvan hakijan teettämät sylinterikokeet ovat olleet huomattavan lyhytkestoisia suhteessa sivukiven läjitysalueen pysyvyyteen, ja niissä käytetyt kuormat eivät ole vastanneet nyt kysymyksessä olevan sivukivialueen tulevaa enimmäisläjityskorkeutta. [...] Terrafame Oy on uutta pääalupaa koskevassa hakemuksessaan esittänyt uuden toisen vaiheen liotusalueen pohjarakenteen toteuttamisvaihtoehdoksi kaksinkertaista kalvorakennetta, kuten olemassa olevalla toisen vaiheen liotusalueella on tehty. Myös kaivannaisjätteen hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevassa vertailuasiakirjassa on esitetty kaksinkertainen kalvorakenne yhtenä vaihtoehtona tilanteessa, jossa pohjarakenteena on pohjaveden tilan huononemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi oltava tiivis vettä läpäisemätön keinotekoinen materiaali (BAT 35b). [...]

[V]alituksenalaisessa päätöksessä määrätty sivukivialueen KL1 suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavien kaivannaisjätealueen lohkojen yksinkertaiseen yhdistelmäkalvorakenteeseen perustuvat pohjarakenteet eivät ole riittävät toiminnasta aiheutuvan ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi pitkällä aikavälillä. Sivukivialueen KL1 suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätealueeksi luokitelluille lohkoille toteutettavista pohjarakenteista on tässä tapauksessa määrättävä erityistä varovaisuutta noudattaen (niin sanottu BAT+-periaate) ympäristöluvan myöntämisen edellytysten täyttymisen varmistamiseksi. Hallinto-oikeus katsoo näin ollen tarpeelliseksi alueen ja toiminnan erityisistä ominaisuuksista sekä jätteen ja suotovesien haitallisuudesta johtuen määrätä sivukivialueen KL1 lohkojen 3, 5 ja 6 pohjarakenteissa käytettäväksi niin sanottua kaksinkertaista kalvorakennetta ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi.”

Lohkon 7 pohjarakenteen muuttaminen

Päätöksessä on lisäksi muutettu lupamääräystä 15 lohkon 7 osalta siten, että myös lohkon 7 pohjarakenteeseen on edellytetty yksinkertainen yhdistelmäkalvorakenne seuraavasti:

”Sivukivialueen KL1 lohkon 7 pohjarakenteet on tehtävä siten, että sen pohjarakenne louhepenkereen tai moreenimaan päällä muodostuu vähintään seuraavista rakenteista ylhäältä alaspäin:

- Sivukivitäyttö
- Louhe 0/600 1 500 mm
- Suojakerros sivukivestä 0/200 500 mm
- Suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12 150 mm
- Suodatinkangas, geotekstiili 1 200 g/m²
- HDPE-kalvo, 2,0 mm
- Bentoniittimatto, jossa bentoniitin massa on > 6 kg/m² ja vedenläpäisevyys $k \leq 1 \cdot 10^{-11}$ m/s
- Kallioleikkauksessa suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12 tai KaM 0/16, 100 mm ja kalliopinnan irtilouhintaa ja kiilaus KaM 0/90, 150 mm

- *Moreenialueella tasalaatuistettu ja tiivistetty moreenipohja*"

Vaasan hallinto-oikeus on perustellut päätöstä lohkon 7 pohjarakenteen muuttamisen osalta muun muassa seuraavasti (päätöksen s. 60–62):
"Hallinto-oikeus katsoo, että hakemuksessa esitettyjen tietojen perusteella ei ole voitu varmistua siitä, että sivukivialueen KL1 lohkolle 7 loppusijoitettava kiilleliuske aina luokittuiksi ei-happoa muodostavaksi. Eri metallit ovat liukoisia jo neutraaleissa olosuhteissa, eikä kiilleliuskeesta aiheutuva metallipitoinen valumavesi siten vaadi esiintyäkseen erityistä haponmuodostusta tai happamia olosuhteita. [...] Hallinto-oikeus toteaa, että asiassa on näin ollen jäänyt epävarmuutta mustaliuskesivukiven ja kiilleliuskesivukiven lajittelun tarkkuudesta. Tämä tarkoittaa, että sivukivialueen KL1 lohkolle 7 sijoitettavan kiviaineksen haitattomuudesta ei ole varmuutta. [...]"

Valituksenalaisessa päätöksessä on arvioitu, että suotovedet todennäköisesti edellyttävät käsittelyä ennen ympäristöön johtamista. Hallinto-oikeus katsoo näin ollen, että sivukivialueen KL1 lohkolle 7 muodostuvat suotovedet ovat ympäristönsuojelulain 5 §:n 1 momentin 13 kohdassa tarkoitettua jätevettä. [...] Sivukivialueen KL1 lohkolle 7 loppusijoitettavan kiilleliuskeen ominaisuuksista hakemuksessa esitetyt tiedot ja edellä kiilleliuskeen ja alueella muodostuvien suotovesien laadun määrittelystä sekä kiilleliuskeen ja mustaliuskeen lajitteluun liittyvistä epävarmuuksista lausuttu huomioon ottaen hallinto-oikeus katsoo, että myös sivukivialueen KL1 lohko 7 on ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi perustettava käyttäen tiivistä pohjarakennetta."

Kaivannaisjätevakuuden muuttaminen

Vaasan hallinto-oikeuden päätöksessä on muutettu kaivannaisjätealueen KL1 vakuuksia koskevaa lupamääräystä 46 muun ohella siten, että sivukivialueen KL1 lohkojen 3, 5 ja 6 sulkemiseen on asetettava vakuutta 17 500 000 euroa, lohkon 7 sulkemiseen 2 000 000 euroa ja sivukivialueen suotovesien käsittelyyn ja tarkkailuun sulkemisen ja jälkihoitovaiheen aikana 5 000 000 euroa (sis. alv 24 %).

Luvan voimassaolon muuttaminen

Päätöksessä on muutettu luvan voimassaoloa. Hallinto-oikeuden muutamana ympäristölupapäätös nro 107/2023 on voimassa 31.12.2028 saakka, tai jos toiminnanharjoittaja aikoo jatkaa toimintaansa voimassaoloajan jälkeen, päätös on voimassa mainitun ajankohdan jälkeen siihen saakka, kunnes toiminnanharjoittajan viimeistään 30.6.2027 vireille panema uutta ympäristölupaa koskeva lupahakemus on lainvoimaisella tai täytäntöönpanokelpoisella päätöksellä ratkaistu.

Asian käsittely korkeimmassa hallinto-oikeudessa

Vaasan hallinto-oikeuden päätöksestä on haettu valituslupaa ja valitettu korkeimpaan hallinto-oikeuteen. Vaasan hallinto-oikeuden päätös ei ole lainvoimainen.

Luvan hakijan näkemys Vaasan hallinto-oikeuden päätösten vaikutuksista hakemuksen mukaiseen sivukivialueen sulkemiseen ja peittorakenteeseen

Terrafame Oy on toimittanut aluehallintovirastoon 11.3.2025 seuraavan näkemyksen Vaasan hallinto-oikeuden päätösten nro 1738/2024 ja 1739/2024 vaikutuksesta sivukivialueen KL2 sulkemiseen:

”VHO antoi 19.12.2024 päätöksen nro 1738/2024 PSAVI:n päätöstä nro 87/2022 (päälupa) koskevasta valitusasiasta sekä päätöksen 1739/2024 sivukivialuetta KL1 ympäristölupaa nro 107/2023 koskevasta valitusasiasta. Päätöksissään VHO muutti PSAVI:n päätöksiä muun muassa purkureittien, sulfaattipäästöjen ja jätealueiden pohjarakenteiden osalta. Lisäksi pääluvan voimassaoloaika lyhennettiin. Terrafame on hakenut valituslupaa korkeimmalta hallinto-oikeudelta 27.1.2025. VHO:n ratkaisujen perusteluissa oli viitattu siihen, ettei alueiden jälkihoito ollut riittävästi edennyt ja alueiden laajenemista olisi siksi syytä rajoittaa.

VHO:n päätöksellä ei ole suoria vaikutuksia vireillä oleviin sivukivialueiden sulkemista koskeviin lupa-asioihin. VHO korosti päätöksessään jätealueiden sulkemista, jota yhtiö on vienyt joka tapauksessa systemaattisesti eteenpäin. Uusien käsittely-, varastointi- ja loppusijoitusalueiden tarve on päätöksestä ja toiminnan jatkamisesta tai sen laajentumisesta riippumatta väistämätön. Terrafame on nyt käsiteltävässä lupa-asiaassa jo hakemuksessaan todennut, se on tehnyt aktiivisesti tutkimusta parhaiden, Terrafamen olosuhteisiin ja prosessiin soveltuvien jälkihoitotoimien selvittämiseksi. Sulkemissuunnittelun tarkentaminen on edellyttänyt mm. yli kaksi vuotta kestäneiden, edelleen jatkuvien laboratoriokokeiden toteuttamista ja useita erilaisia niiden pohjalta tehtyjä perusteellisia mallinnuksia. Näin ollen sulkemissuunnittelua on tosiasiaassa viety jatkuvasti eteenpäin.

Terrafame on myös aloittanut sulkemisen käytännön toteuttamisen peittorakenteiden rakentamisella n. 9 hehtaarin alalla sivukivialueella KL2 Kainuun ELY-keskukselle ilmoittamansa mukaisesti. Tämä on ollut merkityksellistä myös sulkemissuunnittelun tarkentamisen vuoksi, sillä sulkemisen alkuvaiheessa ratkaistavana on erilaisia työtapoihin ja -järjestykseen liittyviä kysymyksiä sekä työturvallisuusasioita. Vuonna 2025 Terrafame suunnittelee rakentavansa peittorakenteita yhteensä n. 30 hehtaarin alalla sivukivialueilla KL2 ja KL1.”

Ilmoitukset koeluonteisesta toiminnasta

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on antanut useita päätöksiä Terrafamen koeluonteista toimintaa koskeviin ilmoituksiin, joista tämän asian käsittelyn kannalta keskeisiä ovat erityisesti sulkemistekniikkaa koskevat asiat:

- Koetoimintailmoitus uudesta koepeittorakenteesta, joka rakennetaan KL2-sivukivialueen peittorakenteen rakennusvaiheen 1 pohjoispuolelle (päätös nro 115/2024, 30.8.2024) PSAVI/9219/2024

- Koetoimintailmoitus koskien kipsisakka-allas 1:n sulkemisen työtapakokeilua (päätös nro 118/2023, 16.8.2023) PSAVI/6030/2023
- Koetoimintailmoitus sulkemisen peiterakennekokeista (päätös nro 149/2021, 9.9.2021) PSAVI/6459/2021
- Koetoimintailmoitus geopolymeerin käyttämisestä sivukivialueen pintarakenteessa (päätös nro 117/2020, 24.9.2020) PSAVI/6278/2020
- Sivukivialueiden peiterakenteiden koetoiminta (päätös nro 89/2018/1, 26.9.2018) PSAVI/3023/2018
- Koetoimintailmoitus sivukiven liukenemisesta ja käyttäytymisestä läjitettäessä (päätös nro 60/2017/1, 13.7.2017) PSAVI/1867/2017
- Koetoimintailmoitus koskien kipsisakka-altaiden pintarakenteita (päätös nro 129/2016/1, 16.9.2016) PSAVI/2023/2016

Kainuun ELY-keskuksen päätökset

Kainuun ELY-keskus on antanut seuraavat tämän hakemuksen mukaista toimintaa koskevat luonnonsuojelulain mukaiset päätökset:

- Lupa poiketa luonnonsuojelulain 47 §:n mukaisesta rotkokehräjäkälän rauhoitussäännöksestä esiintymän heikentämiseksi siirtoistutusten vuoksi. Päätös annettu 4.5.2022 (KAI-ELY/259/2020).
- Päätös erityisesti suojeltavan lajin esiintymispaikan rajojen määrittämisestä. Päätös annettu 26.4.2019 (KAIELY/378/2017).

Muut asiaan liittyvät aluehallintovirastossa vireillä olevat hakemukset ja annetut päätökset

Seuraavassa on kuvattu sivukivialueen KL2 sulkemiseen liittyviä Pohjois-Suomen aluehallintovirastossa vireillä olevia hakemusasioita ja annettuja päätöksiä.

Lisäksi aluehallintovirastossa on vireillä muita Terrafame Oy:n hakemuksia ja on myös annettu muita päätöksiä, joilla ei ole välitöntä yhteyttä nyt käsiteltävään asiaan.

Kuusilammen avolouhoksen länsipuolella sijaitsevan sivukivialueen KL1 sulkeminen ja peittorakenteen toteuttaminen (PSAVI/9228/2024)

Terrafame Oy on toimittanut 31.7.2024 aluehallintovirastoon ympäristöluvan nro 107/2023 lupamääräyksen 36 edellyttämän sivukivialueen KL1 sulkemissuunnitelman. Sulkemissuunnitelmassa on esitetty samalaista peittorakennetta kuin sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelmassa. Hakemus PSAVI/9228/2024 on kuulutettu ja annettu tiedoksi yhtä aikaa sivukivialueen KL2 sulkemista koskevan hakemusasian kanssa.

Sivukivialueen KL1 sulkemissuunnitelman mukaan sivukivialueen KL1 ja sivukivialueen KL2 sulkemista tehdään toiminnan aikana vaiheittain, siten että ympäristöluvan nro 107/2023 lupamääräyksen 14 mukaisesti ympäristöluvan mukaisella rakenteella sulkematta olevan jätealueen laajuus sivukivialueella KL1 on joka tilanteessa enintään 100 hehtaaria.

Kolmisopen malmion maa-alueen louhinnan ympäristö- ja vesitalouslupahakemus sekä ympäristöluvan nro 87/2022 olennainen muuttaminen (PSAVI/8746/2023)

Terrafame Oy on toimittanut 4.7.2023 aluehallintovirastoon hakemuksen, jolla haetaan määräaikaista ympäristö- ja vesitalouslupaa muun muassa Kolmisopen malmion maa-alueen avolouhintaan ja siihen liittyviin toimintoihin sekä sivukiven läjitykseen kaivannaisjätealueelle KS1. Sivukivialueen KS1 peittorakenteen suunnitelma on vireillä osana lupahakemusta.

Terrafame Oy hakee myös lupapäätöksen nro 87/2022 muuttamista siten, että päätöksessä myönnetyn lisäksi lupa koskee Kolmisopen maa-alueen hyödyntämiskelpoisten malmivarojen (noin 55–70 Mt) louhimista ja Kolmisopen maa-alueen avolouhosta siten, että vuosittain Kuusilammen ja/tai Kolmisopen louhoksista louhitaan yhteensä enintään 18 Mt malmia ja enintään 45 Mt sivukiveä ja että louhoksista yhteensä louhitavan malmin kokonaismäärä ei ylitä päätöksessä nro 87/2022 sallittua 320 miljoonaa tonnia.

Hakemus PSAVI/8746/2023 on kuulutettu ja annettu tiedoksi yhtä aikaa sivukivialueen KL2 sulkemista koskevan hakemusasian kanssa.

Päätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 185 mukainen sulkemissuunnitelma (PSAVI/16044/2024)

Terrafame Oy on toimittanut 31.12.2024 aluehallintovirastoon ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 185 edellyttämän sulkemissuunnitelman koskien koko toimintaa (PSAVI/16044/2024). Sulkemissuunnitelmassa (31.12.2024) on todettu sivukivialueiden peittorakenteiden osalta seuraavaa:

”Sivukivialueet KL1, KL2 ja KS1

Sulkemisvaiheessa sivukiven läjitysalueille KL1 (lohkot 1–6), KL2 ja KS1 rakennetaan tiivis, kalvorakenteeseen perustuva peitto. Rakenne alhaalta ylöspäin on:

- Sivukivitäytön kiilaus (tehdään jo toiminnan aikana)
- Suojageotekstiili 400 g/m²
- LLDPE-kalvo 1,5 mm
- Salaojamatto
- Pintakerros, kalliomurske 0...8/32, 200 mm
- Pintamaakerros, 500 mm
- Kasvitus

Ympäristölupapäätöksen Nro 87/2022 (PSAVI/2461/2017, annettu 20.6.2022) määräyksen 181 mukaisesti sivukivialueiden KL1, KL2 ja KS1 yksityiskohtaiset peittorakenteiden lupahakemukset on jätetty aluehallintovirastolle. Tässä suunnitelmassa esitetty rakenne on sama kuin lupahakemuksissa esitetty rakenne.”

Päätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 102 mukainen jätehuoltosuunnitelma (PSAVI/16043/2024)

Terrafame Oy on toimittanut 31.12.2024 aluehallintovirastoon ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 102 edellyttämän jätehuoltosuunnitelman koskien koko toimintaa (PSAVI/16043/2024). Jätehuoltosuunnitelmassa on todettu sivukivialueista muun muassa seuraavaa:

”Sivukivialueelle KL2 on läjitetty sivukiveä yhteensä noin 149 Mt. Sivukivialueen KL2 enimmäistäyttötaso on +285 (N60). Reunaluiskien kaltevuus on 1:3 ja sivukivialueen laki on tasattu noin 2–3 % kaltevuuteen. Varsinainen sivukiven läjitys sivukivialueelle KL2 on loppunut tammi-kuussa 2024, mutta luiskan muotoilua varten KL2 alueelle tullaan vielä ajamaan noin 1,8 Mt sivukiveä. Luiskien muotoilu tehdään arviolta vuosien 2024–2025 aikana.

Sivukivialue suljetaan vaiheittain ja se on aloitettu toukokuussa 2024, ja vuoden 2024 aikana läjitysalue on suljettu yhteensä 9,3 ha verran (kalvotetun alan pinta-ala). Sivukivialueen sulkemisen aikatauluun vaikuttavat sääolosuhteet, sillä sulkemistoimenpiteet tehdään optimirakennuskauden aikana mahdollisimman laadukkaan peittorakenteen takaamiseksi. Käytännössä vuoden aikana saadaan Terrafamen tämänhetkisen arvion mukaan suljettua korkeintaan noin 40 hehtaaria sivukivialuetta.

Myös sivukivialueen KL1 lupamääräykset (päätös nro 107/2023, PSAVI/4347/2020) vaikuttavat sivukivialueiden sulkemisaikatauluun. Sivukivialueen KL1 lohkojen 1–6 täyttötöiminnot on suunniteltava ja toteutettava siten, että ympäristöluvan mukaisella rakenteella sulkematta olevan jätealueen laajuus on joka tilanteessa enintään 100 hehtaaria. Tuotannon jatkuvuuden varmistamiseksi Terrafame varmistaa ensisijaisesti sivukivialueen KL1 sulkemisen vaatimat resurssit. Arvioidun mukaan sivukivialueen KL2 sulkeminen kestää maksimissaan noin 10 vuotta.”

Kipsisakka-altaan 1 sulkeminen (PSAVI/16183/2023)

Terrafame Oy:n ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 189 mukainen suunnitelma kipsisakka-altaan 1 sulkemisesta on tullut vireille aluehallintovirastossa 29.12.2023. Kipsisakka-altaat 1–3 on ympäristöluvassa määritelty vaarallisen jätteen kaatopaikoiksi. Kipsisakka-altaaseen 1 on läjitetty vuosina 2010–2017 yhteensä noin 5 miljoonaa m³ rautasakkaa (RaSa), loppuneutralointisakkaa (LoNe) sekä keskusvedenpuhdistamolla muodostuvaa vesienkäsittelysakkaa. Kipsisakka-altaan 1 lohkojen 1–3 sulkemisorakenteeksi on esitetty seuraavaa kerrosrakennetta ylhäältä alaspäin:

- pintakerros: turve/maa-aines
- suodatinkerros: suodatinkangas N3–N4
- kuivatuskerros: murske 0/32 mm
- kuivatuskerros: salaojamatto
- synteettinen tiiviste: LLDPE-kalvo
- mineraalinen tiiviste: bentoniittimatto

- kiilauskerros 2: murske 0/16 mm
- kiilauskerros 1: murske 0/55–63 mm
- suodatinkerros: suodatinkangas N4
- kuivatettu kipsisakka

Sotkamon kaivoksen vesienhallinnan ja -käsittelyn tehostaminen sekä sakkojen kuivaläjityksen toteuttaminen (päätös nro 166/2024)

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on antanut Terrafame Oy:lle 17.12.2024 päätöksen nro 166/2024 koskien Sotkamon kaivoksen vesienhallinnan ja -käsittelyn tehostamista ja sakkojen kuivaläjityksen toteuttamista (PSAVI/16179/2023). Päätös on lainvoimainen. Päätöksessä on muun ohella muutettu ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksen nro 87/2022 lupamääräystä 25 siten, että sivukivialueiden happamien ja metallipitoisten suotovesien vesienkäsittelyssä voidaan keskuspuhdistamon sijaan hyödyntää myös metallien talteenottolaitoksen loppuneutralointiprosessia.

Aluehallintovirasto on perustellut ratkaisua päätöksessä mm. seuraavasti: *”Luvan saaja on esittänyt metallien talteenottolaitoksen loppuneutralointiprosessin hyödyntämistä sivukivialueiden vesien käsittelyssä silloin, kun niitä ei voida johtaa liuoskiertoon korvausvedeksi. Sivukivialueen KL2 altaalta DP4 ja DP5 on jo rakennettu putkilinja metallien talteenottolaitokselle sekä edelleen käsitellyn veden (ylitteen) purkuputkilinja kipsisakka-altaalle 2. Tilanteissa, joissa metallien talteenottolaitoksen neutralointiprosessissa käsitellään laitoksen omia vesiä, sivukivialueen vesiä voidaan varastoida DP4-altaalla (puskurivarasto).*

Sivukivialueen suotovesien nykyinen käsittely keskuspuhdistamolla on haasteellista vesien korkean sulfaattipitoisuuden vuoksi. Sulfaattia jää puhdistettuun veteen yli ympäristöluparajan (2 000 mg/l.) Johtamalla sivukivialueiden vedet keskuspuhdistamon sijaan loppuneutralointiprosessiin, saavutetaan pidempi viipymäaika saostusreaktioille ja pystytään kierrättämään saostusytimien reaktorilinjan alkuun. Tämä parantaa vesien käsittelyn tehokkuutta verrattaessa keskuspuhdistamon ja kipsisakka-altaan käyttöön. Loppuneutralointiprosessin käyttö vähentää käsitellyn veden ylikylläisen kalsiumsulfaatin määrää, mikä laajentaa sen käyttömahdollisuuksia prosessissa.

[...] Sivukivialueiden metalli- ja sulfaattipitoisten vesien käsittelyyn esitetty muutos parantaa lupamääräyksessä 33 edellytetysti jätevesien käsittelyä.”

Päätöksessä nro 166/2024 luvansaaja on velvoitettu toimittamaan päivitetty toiminnan tarkkailusuunnitelma hyväksyttäväksi Kainuun ELY-keskukselle 30.4.2025 mennessä.

Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA)

Terrafamella oli vuonna 2017 yhtäaikaaisesti vireillä kaksi eri ympäristövaikutusten arviointimenettelyä: Tuotanto-YVA ja vesienhallinnan YVA.

Hakijan mukaan ympäristövaikutusten arviointiselostukset ovat ajantaisaisia sivukivialueen KL2 sulkemista koskien. Vesienhallinnan YVA-menettelyssä on todettu, että toiminnan laajenemisesta ja siis myös sivukivialueen KL2 rakentamisesta ja sulkemisella ei ole vaikutuksia juoksettavien vesien määrään tai kuormitukseen.

Tuotanto-YVA koskee Terrafamen kaivostoiminnan jatkamista ja kehittämistä tai vaihtoehtoisesti kaivoksen sulkemista ja siinä selvitetään tuotannon ja vaihtoehtoisesti sulkemisen aiheuttamia välittömiä ja välillisiä vaikutuksia ympäristöön. Kaivoksen alustava sulkemissuunnitelma oli esitetty YVA-selostuksen liitteenä.

Kaivostoiminnan jatkamisen ja kehittämisen tai vaihtoehtoisen sulkemisen arviointiselostuksessa, joka on valmistunut vuonna 2017, yhtenä arvioitavana vaihtoehtona oli VE0+, johon sisältyi rakennettavaksi muun muassa sivukivialue KL2. Sivukivialueen rakentaminen sisältyi myös arvioituihin vaihtoehtoihin VE1a, VE1b ja VE1c. Tässä YVA-menettelyssä tarkasteltiin malmin louhintamäärän nostamista, nikkelin tuotantomäärän nostamista, uraanin talteenoton käynnistämistä, uusien prosessivaiheiden (esim. pasutto ja rikkihappotehdas) käynnistämistä sekä kaivostoiminnan päättämistä ja sulkemista.

Arviointiselostuksessa on käsitelty sivukivialueiden sulkemista ja sulkemisrakenteita. Selostuksen sivulla 86 todettu, että sivukivialueiden sulkeminen toteutetaan vaiheittain. Peittorakenteiden suunnittelu pohjautuu sivukiven karakterisointitietoon ja vuoden 2014 lupapäätöksen määräykseen 111. Kiven ominaisuudet vaativat tiivistä peittoa sivukiven sulfidimineraalien hapettumisen estämiseksi. Tiivis peite minimoi myös läpivirtaaman, jolloin happamia ja metallipitoisia suotovesiä muodostuu pienempinä määrinä. Lisäksi pohjarakenteen tiiviyys edellyttää tiivistä pintarakennetta. Lupamääräysten valossa jätteiden läjitysalueille tehdään tiivis pintarakenne heti alueiden täytyttyä loppuunsa. Suotovesien muodostumisen estämiseksi muotoillun jätetäytön päälle rakennetaan yhtenäinen 1,5 mm:n HDPE-muovikalvosta tehty eriste suoja-/kasvukeroksineen (0,5 m). Lisäksi kalvo suojataan pistekuormilta.

Selostuksen sivulla 94 vaihtoehto VE0+ kohdalla on todettu, että sivukivialueilta kerättävät suotovedet hyödynnetään ensisijaisesti tuotannon käyttövetenä. Lisäksi sivukivialueen vaikutuksia on arvioitu eri kohdissa kuten meluvaikutusten mallintamisen yhteydessä.

Tässä hakemuksessa on esitetty sulkemisrakenteeksi lähes vastaavia kerroksia kuin arviointiselostuksessa on esitetty. Suurimpana erona on suojakalvon vaihto LLDPE-kalvoon. Perusteluina kyseisen kalvon käytölle on hakemuksessa esitetty seuraavaa: LLDPE-kalvo on joustava ja kestää mahdollisia muodonmuutoksia paremmin kuin esimerkiksi pohjarakenteessa käytetty HDPE-kalvo (korkeatiheksinen polyeteeni, high density polyethene). Joustavuudesta on etua myös kylmissä lämpötiloissa. LLDPE-kalvo ei myöskään ole yhtä herkkä jännityssäröilylle eli vetojännitysten aiheuttamalle muovin ulkoiselle tai sisäiselle murtumalle.

kuin HDPE-kalvo. Sitä on myös paremman levitettävyytensä vuoksi helpompi käsitellä rakennettaessa kuin HDPE-kalvoa.

Vesienhallinnan arviointiselostuksessa on huomioitu vuonna 2017 viereillä olleen tuotanto YVA:n vaihtoehdot ja niiden vastaavuudet sekä esitetty eri alueiden kuten KL2:n käyttöönoton ja sulkemisen aikatauluun. Arviointiselostuksessa on todettu taulukossa 4–8 sivulla 54, että vaikka toimintaa kehitettäisiin VE1a:n mukaisesti ja tehtäisiin uusia sivukivialueita (kuten KL2), ei tämän vaihtoehdon toteutuminen vaikuttaisi juoksuettavien vesien määrään tai kuormitukseen. Vesienhallinnan YVA-menettelyssä on tarkasteltu myös sulkemisvaiheen kuormituksia. Silloisessa toiminnan kuvauksessa on ollut mukana sivukivialue KL2 aluevarauksena ja selostuksen valmistumisen aikaan sivukivialueen KL2 rakentamisesta oli jätetty ympäristölupahakemus lupaviranomaiselle.

Kolmisopen esiintymän hyödyntämisestä ja kaivospiirin laajennuksesta on toteutettu ympäristövaikutusten arviointimenettely vuonna 2021. Kainuun ELY-keskus on antanut yhteysviranomaisen perustellun päätelmän YVA-selostuksesta 21.2.2022. Kainuun ELY-keskus on antanut 24.1.2024 lausunnon perustellun päätelmän ajantasaisuudesta louhinnan rajoittuessa Kolmisopen maa-alueelle ja todennut YVA-selostuksen ja perustellun päätelmän olevan ajantasaisia.

Kaivosoikeudet

Kauppa- ja teollisuusministeriö on antanut 24.9.1986 Outokumpu Mining Oy:lle kaivoskirjan RN:o 2819/1a koskien Kolmisoppi- ja Kuusilampi -nimisiä kaivospiirejä. Kaivospiirit on 31.3.2004 siirretty Outokumpu Mining Oy:ltä Talvivaara Projekti Oy:lle. Kauppa- ja teollisuusministeriö on 3.10.2006 antanut kaivospiirien laajentamista koskevan päätöksen. Siitä on tullut lainvoimainen korkeimman hallinto-oikeuden 14.4.2009 antamalla päätöksellä. Kaivosrekisterissä laajennetut kaivospiirit on 18.2.2010 rekisteröity yhdeksi kaivospiiriksi nimeltään Talvivaara. Edelleen kaivosoikeus on siirtynyt 14.8.2015 Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (TUKES) tekemällä kaivosoikeuden siirtoa koskevalla päätöksellä Terrafame Oy:lle.

Terrafame Oy:llä on vireillä Turvallisuus- ja kemikaalivirastossa hakemus kaivospiirin laajentamiseksi. Asian käsittely on kesken.

Kaavoitustilanne

Hankealueella on voimassa seuraavat maakuntakaavat: Kainuun maakuntakaava 2020, Kainuun vaihemaakuntakaava 2030, Kainuun tuuli-voimamaakuntakaava, Kainuun 1. vaiheen maakuntakaava ja Kainuun kaupan vaihemaakuntakaava.

Kainuun vaihemaakuntakaavassa 2030 Terrafamen kaivospiirin laajennusalue on osoitettu kaivosmineraalialueeksi (ek-m). Osa-aluemerkin-

nällä osoitetaan alueita, joilla on todettu olevan merkittäviä ja/tai hyödyntämiskelpoisia malmi- ja mineraaliesiintymiä. Näillä alueilla kaivos toiminta on tulevaisuudessa todennäköistä. Maakuntakaavassa näille alueen erityisominaisuutta ilmaisevalla osa-aluemerkinnällä osoitetuille alueille on vireillä kaivospiiri tai kaivoslupahakemus. Nykyisen kaivospiirin alueelle on osoitettu uusina merkintöinä energiahuollon alue (en) ja teollisuus- ja varastoalue, jolla on merkittävä, vaarallisia kemikaaleja valmistava tai varastoiva laitos (t/kem). Kaivospiirille on osoitettu myös 110 kV:n pääsähköjohto ja yhdysrata/sivurata sekä liikennepaikka.

Kaivospiirin itäpuolella sijaitseva maantie 870 (Tuhkalantie) on osoitettu elinkeinoelämän kannalta erityisen merkittäväksi seututiekse (st-e). Maantien varressa sijaitseva Kainuun puromyllyt: Huovilan turbiinimylly on osoitettu valtakunnallisesti arvokkaaksi kulttuurihistorialliseksi kohteeksi ja kaivospiirin itäosaan on osoitettu luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä luo-alue (jäkälä, Kellosärkän alue). Kyseinen alue on suojeltu vaihemaakuntakaavan hyväksymisen jälkeen.

Kainuun vaihemaakuntakaavan 2030 hyväksymisen yhteydessä on kumottu seuraavat Terrafamen kaivospiirin läheisyyteen aiemmissa maakuntakaavoissa osoitetut merkinnät ja -määräykset: kaivospiirin eteläpuolella sijaitseva virkistysreitti, länsipuolella sijaitseva Sammakkolammen ja pohjoispuolella sijaitseva Losonvaaran E luo-alueet, ohjeellinen ratalinjaus ja ohjeellinen 110 kV:n pääsähköjohto.

Kainuun tuulivoimamaakuntakaava 2035 on hyväksytty maakuntavaltuustossa 12.12.2023 ja maakuntahallitus on 12.02.2024 määrännyt maakuntakaavan tulemaan voimaan ennen kuin se on saanut lainvoiman. Kainuun liitto on kuuluttanut maakuntakaavan voimaan tulosta 6.3.2024. Kaavassa käsitellään seudullisesti merkittäviä tuulivoimaloiden alueita, muutostarpeita voimajohtojen maakuntakaavamerkintöihin, pohjavesialueita ja valtakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita. Kaavan tavoitevuosi on 2035. Kainuun tuulivoimamaakuntakaavassa 2035 Terrafamen kaivospiirin eteläpuolelle on osoitettu Sivakkalehdon tuulivoimaloiden alue (tv-26) ja länsipuolelle Maaselänkankaan laajennusalueen tuulivoimaloiden alue (tv-24). Lisäksi kaivospiirin länsi- ja pohjoispuolelle on osoitettu pääsähköjohdon yhteystarve 400 kV, 110 kV.

Hankealue ei sijoitu yleiskaavoitetulle alueelle eikä alueella ole vireillä yleiskaavoja.

Terrafamen tehdasalueella on voimassa Sotkamon kunnan laatima Talvivaaran kaivoksen tehdasalueen asemakaava. Kaava on hyväksytty 29.8.2006 Sotkamon kunnanvaltuustossa. Kaava-alueen pinta-ala on 284 hehtaaria ja tehokkuusluku $e=0,04$. Tehdasalue on osoitettu asemakaavassa teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueeksi (T). Alueelle on jo nykyisin rakennettu metallien talteenottolaitos, hienomurskaamo ja sen välivarasto, huoltotilat, varastot ja toimistotilat sekä akkukemikaalitehdas sekä uraanin talteenottolaitos.

Terrafamella on tarve laajentaa asemakaava-aluetta tulevaisuuden rakennustarpeita varten ja asia on tällä hetkellä valmisteluvaiheessa. Alue

varataan tulevaisuuden laajenemisalueeksi, joille sijoittuu teollisuutta, varastoja ja toimistotiloja (mm. akkukemikaalitehtaan toimisto- ja laboratoriorakennus). Kaavoitettava alue kuuluu nykyiseen kaivospiiriin.

Lisäksi osia Neuvolanniemen ranta-asemakaava-alueesta sijoittuu Kuusilammen, Mustalammen ja Munninlammen rannoille. Alueet on osoitettu maa- ja metsätalousalueeksi (M). Mustalampi on jo aikaisemmin jäänyt Terrafamen toimintojen alle. Neuvolanniemen ranta-asemakaava on hyväksytty 17.7.2000.

SIVUKIVIALUE KL2

Yleiskuvaus

Sivukivialue KL2 on lohkoittain rakennettu ja Kuusilammen avolouhoksen sivukivellä täytetty alue. Sivukivialueen pinta-ala on noin 200 hehtaaria ja alueen pituus pohjois-eteläsuunnassa on 3,8 kilometriä ja leveys itä-länsisuunnassa noin 800 metriä (seuraava kuva).



Sivukivialueen KL2 lohkot 1–4 on rakennettu ja otettu käyttöön aluehallintoviraston päätöksen nro 79/2017/1 mukaisesti vaiheittain vuosina 2016–2021. Lohkon 5 rakentaminen aloitettiin kesällä 2021 ja otettiin aluehallintoviraston päätöksen nro 87/2022 mukaisesti läjityskäyttöön vuonna 2022. Sivukivialueen KL2 varsinainen täyttötoiminta on päättynyt vuonna 2024.

Aluetta koskeneen YVA-menettelyn aikana arvioitiin, että sivukivialueen KL2 tilavuus riittäisi vuoteen 2025 saakka, mutta alueelta löytyneen rotokokehräjäkälän elinympäristö on pienentänyt läjitysalueen pinta-alaa ja läjitystilavuutta.

Rotkokehräjäkälän elinympäristön hävittämiselle ei toistaiseksi ole haettu poikkeuslupaa, mutta yhtiö on hakenut ja saanut esiintymän heikentämisluvan rotkokehräjäkälän siirtopotentiaalin tutkimiseksi. Terra-fame Oy on saanut luvan rotkokehräjäkälän siirtoistutukselle. Siirtoistutuksen seuranta-aika on ELY-keskuksen päätöksen (4.5.2022 KAI-ELY/259/2020) mukaisesti 5 vuotta, joten mahdollisuutta poikkeamisluvan hakemiseen esiintymän heikentämistä tai tuhoamista varten voidaan arvioida vasta tuon ajan kuluttua.

Lupapäätöksessä nro 87/2022 (PSAVI/2461/2017) sivukivialue KL2 luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Sille saadaan sijoittaa toiminnassa muodostuvia sivukiviä ja kaivosalueelta poistettavia, pilaantuneita maa-aineksia ja maa-aineksia, jotka sisältävät vaarallisia aineita sekä louhinnan räjäytystoiminnan yhteydessä sivukiven sekaan jäävän panostusmateriaalin. Ympäristöjärjestelmässä, turvallisuusselvityksessä sekä sisäisessä pelastussuunnitelmassa on huomioitu kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteen 4 vaatimukset ja periaatteet.

Ympäristölupapäätösten mukainen enimmäistäyttötilavuus sivukivialueelle on 69,3 Mm³. Sivukivialueen KL2 enimmäistäyttötaso on +285 m (N60). Sivukivialueen täyttöä tehdään etelästä pohjoiseen etenevänä pengertäyttönä kerroksittain. Reunaluiskien kaltevuus on 1:3 ja sivukivialueen laki on tasattu noin 2–3 % kaltevuuteen.

Sivukivialueelle KL2 sijoitetun sivukiven määrä ja jäteluokitus

Kaivostoiminnan aikana syntyvistä kaivannaisjätteistä sivukiveä muodostuu määrällisesti eniten. Tällä hetkellä sivukiveä muodostuu Kuusilammen louhoksen malmin ja tarvekiven louhinnan yhteydessä vuosittain noin 18...45 Mt. Louhinnan yhteydessä muodostuvia sivukivilajeja ovat mustaliuske, metakarbonaattikivi (myös talkkiliuske), kiilleliuske ja kvartsiitti. Louhittu sivukivi on sekarakeista ja sen raekoko on noin 0–1000 mm. Pääosa sivukivialueelle KL2 sijoitetusta sivukivestä on mustaliusketta.

Kaivannaisjätteen jätealueelle sivukivialue KL2 on sijoitettu sivukiveä vuosina 2017–2025 yhteensä 128,71 Mt.

Lupapäätöksen nro 87/2022 (PSAVI/2461/2017) mukaan sivukivialueelle KL2 saa sijoittaa toiminnassa muodostuvia sivukiviä ja kaivosalueelta poistettavia, pilaantuneita maa-aineksia ja maa-aineksia, jotka sisältävät vaarallisia aineita sekä louhinnan räjäytystoiminnan yhteydessä sivukiven sekaan jäävän panostusmateriaalin. Lupapäätöksessä nro 87/2022 happoa tuottava malminlouhinnassa muodostuva sivukivi luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Sivukivialueelle KL2 sijoitettavat jätteet ja niiden luokitukset ovat seuraavassa taulukossa.

Sivukivi	Jätenumero
Malmin louhinnassa muodostuva sivukivi, happoa tuottamaton	01 01 01
Malmin louhinnassa muodostuva sivukivi, happoa tuottava	01 01 01*
Tarvekiven louhinnassa muodostuva sivukivi	01 01 02
Pilaantuneet maa-ainekset, jotka sisältävät vaarallisia aineita ja joilla on jäteasetuksen mukainen vaaraominaisuus	17 05 03*
Muut pilaantuneet maa-ainekset	17 05 04

* vaarallinen jäte

Sivukiviä, joiden sulfidisen rikin pitoisuus on alle 0,3 % ja jotka eivät omaa haponmuodostuspotentiaalia, voidaan käyttää rakennuskivenä. Sivukiviä, joiden rikkipitoisuus on enintään 0,8 % voidaan hyödyntää kaivoksen rakentamiseen liittyvissä, pysyvästi maavesi- tai pohjavesipinnan alapuolelle jäävissä täytöissä. Hyödyntämättä jääneet sivukivet sijoitetaan sivukivialueille.

Sivukivialueelle KL2 on sijoitettu pääasiassa happoa muodostavaa sivukiveä (rikkipitoisuus yli 0,3 %). Tarkkaa tietoa alueelle sijoitetun sivukiven kivilajijakaumasta ei ole, mutta selvästi suurin osa sivukivialueelle sijoitetusta sivukivestä on mustaliusketta. AFRY Finland Oy:n laatimassa suotoveden geokemiallisessa mallinnuksessa (jäljempänä päätöksen kertoelmassa) on määritetty sivukivialueelle läjitettyjen mustaliuskeen ja kiilleliuskeen suhde Kuusilammen avolouhoksen seinämien kivilajijakauman perusteella jättäen huomiotta malmion osuus. Näin tarkasteltuna mustaliuskeen osuus on noin 85 % sivukivialueelle läjitetystä sivukivestä ja kiilleliuskeen osuus noin 15 %. Kvartsiittia ja metakarbonaattikiveä (myös talkkiliusketta) on arvioitu läjitetyn sivukivialueelle määrällisesti vain vähän, noin 1 % sivukivestä. Sivukivialueelle KL2 ei ole sijoitettu merkittäviä määriä pilaantuneita maa-aineksia.

Sivukiven ominaisuudet

Sivukivien ominaisuudet ja niiden seurantamenetelmät on esitetty kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa ja niistä on määrätty toimintaa koskevissa ympäristölupapäätöksissä.

Geologiset ominaisuudet

Kuusilammen louhoksesta louhinnan yhteydessä syntyvä sivukivi on suurimmaksi osaksi mustaliusketta. Muita louhinnan yhteydessä muodostuneita sivukiviä ovat kiilleliuske, kvartsiitti ja metakarbonaattikivet (sis. talkkiliuske). Kvartsiittia ja metakarbonaattikiviä on sivukivestä määrällisesti selvästi vähiten.

Hyödynnettävä mustaliuske ja sivukiveksi päätyvä mustaliuske kuuluvat samaan aikaan muodostuneeseen litostratigrafiseen kivilajiyksikköön (Sotkamo ryhmä, 2.10–1.96 mrd. vuotta) eikä niissä ole teräviä vaihtelua litologiassa tai mineralogiassa. Mustaliuskeen päämineraaleja ovat

kvartsi, kalimaasälpä, biotiitti, grafiitti sekä rikki- ja magneettikiisu. Lisäksi siinä esiintyy muita mineraaleja, kuten esimerkiksi alabandiittiä, sinkkivälkettä, pentlandiittiä ja kuparikiisua. Malmin ja sivukiven välinen raja on määritetty kiven nikkelpitoisuuden perusteella (nykyinen cut-off-arvo 1500 ppm Ni). Sinkki-, kupari- ja kobolttipitoisuudet korreloivat nikkelpitoisuuden kanssa ja ovat malmissa korkeammat kuin sivukivessä lukuun ottamatta satunnaisia malmin raja-alueita, joissa sivukiveksi päätyvän mustaliuskeen sinkkipitoisuudet voivat olla samaa luokkaa kuin malmissa.

Sivukivilajeissa esiintyvistä mineraaleista merkittävimpiä sulfidimineraaleja ovat rikkikiisu (pyriitti), magneettikiisu (pyrroitiitti), kuparikiisu, sinkkivälke ja pentlandiitti. Sulfidimineraalit ovat muodostuneet maankuoren pelkistävässä olosuhteissa. Pelkistävässä olosuhteissa ne ovat stabiileja eli metallin ja rikin väliset sidokset eivät rikkoonnu. Kun sulfidimineraalit joutuvat kosketuksiin hapen tai muiden hapettavien aineiden kanssa, sidos rikin ja metallin välillä rikkoontuu eli sulfidimineraalit hapettuvat (rapautuvat). Rikkoontumisen seurauksena muodostuu rikkihappoa (H_2SO_4) ja veteen vapautuu metalli-ioneja. Sulfidimineraalien rapautumisen seurauksena syntyy hapanta, metallipitoista suotovettä (hapan valuma, Acid Mine Drainage, AMD). Hapan suotovesi liuottaa edelleen metalleja muista kiviaineksen sisältämistä mineraaleista.

Happaman suotoveden syntyminen vaatii seuraavien osatekijöiden toteutumisen:

- maa- tai kiviaineksen tulee sisältää riittävästi sulfidimineraaleja suhteessa neutraloiviin mineraaleihin (alkaliset mineraalit, kuten karbonaatit), sillä sulfidimineraalien hapettumisessa muodostuvien vesien happamuus riippuu kivi- tai mineraaliaineksen sisältämien happoa tuottavien ja neutraloivien mineraalien määrsuhteista
- maa- tai kiviaineksella on oltava sellainen rakenne (tiiviys, rae- koko, ominaispinta-ala), että sulfidimineraalien pinnoille pääsee sekä vettä että happea
- maa- tai kiviaineksen läpi pääsee kulkeutumaan happirikasta vettä satamalla tai virtaamalla

Kokonaispitoisuudet

Kuusilammen louhoksen sivukivien laatua on tutkittu kivilajikohtaisesti useita kertoja vuosien 2006 ja 2023 välillä. Laatututkimusten lisäksi sivukivialueelle KL2 läjitettyä sivukiveä on tarkkailtu kokoomanäytteistä kuukausittain osana velvoitetarkkailua joulukuusta 2017 lähtien. Kuukausittaisessa tarkkailussa näytteistä analysoidaan mm. useiden metallien kohdalta kuiva-ainepitoisuus, hehkutushäviö ja liukoiset pitoisuudet.

Sivukiven ominaisuudet riippuvat pitkälti niiden geologisesta alkupe- rästä, ja useimmissa sivukivinäytteissä onkin todettu korkeita sinkin, kuparin ja nikkelin pitoisuuksia. Myös muita puolimetalleja ja metalleja, kuten arseenia, kobolttia ja kromia on sivukivissä todettu kohonneina pitoisuuksina. Rikkipitoisuudet ovat sivukivinäytteissä vaihdelleet välillä 0,1–

10 %. Sivukiveksi päätyneessä mustaliuskeessa esiintyy uraania saman verran kuin malmissakin. Alueen mustaliuskeen uraanipitoisuus on 15–20 mg/kg.

Alkuaineiden kokonaispitoisuudet mustaliuskeessa vuodesta 2017 lähtien sekä vaarallisen jätteen raja-arvot CLP-asetuksen ja Ympäristöministeriön julkaisun 2/2019 mukaan ovat seuraavassa taulukossa. Aineisto © Eurofins Ahma Oy 2024. Kaatopaikka-asetuksen tarkoittamat vaarallisen jätteen raja-arvon ylittävät pitoisuudet esitetty punaisella.

Aine/muut- tuja	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Cu TP	Mn	Mo
	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg TP	mg/kg ka	mg/kg ka
Vaarallinen jäte	2 500	225 000	2 500	380	1 000	1 000	1 000	9 100	
Joulukuu 2017	50		9	37	76	370	366	1 400	
Min 2018	53		6	34	53	290	290	1 200	
Ka 2018	88		21	57	75	674	670	2 933	
Maks 2018	130		73	88	97	2 200	2 178	5 700	
Min 2019	85	20	10	30	50	480	468	1 140	34
Ka 2019	119	23	24	59	73	614	607	3 632	43
Maks 2019	180	29	72	210	92	780	773	8 150	51
Min 2020	65	7	13	23	34	460	459	1 000	44
Ka 2020	124	21	21	50	74	682	670	3 067	56
Maks 2020	200	33	39	69	120	970	970	7 700	72
Min 2021	35	8	10	20	29	350	340	640	30
Ka 2021	134	16	20	44	86	617	607	2 721	61
Maks 2021	260	34	33	84	190	1 000	987	6 800	91
Min 2022	10	7	2	28	17	270	268	820	9
Ka 2022	68	16	14	69	66	563	558	2 041	32
Maks 2022	230	28	23	200	94	820	818	5 100	58
Min 2023	6	6	2	9	23	50	49	340	2
Ka 2023	42	18	10	50	62	386	398	1 630	22
Maks 2023	100	49	19	87	130	700	694	5 000	50
Min 2024	58	9	12	30	34	410		480	27
Ka 2024	107	15	18	71	68	608		2 282	46
Maks 2024	170	24	24	140	140	980		5 900	62
Aine/muut- tuja	Ni	Ni TP	Zn	Zn TP	V	S	Ca	U	Fe
	mg/kg ka	mg/kg TP	mg/kg ka	mg/kg TP	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Vaarallinen jäte	380	380	1 000	1 000	5 600				
Joulukuu 2017	400	396	1 600	1 584		63 000	12 000	10	80 000
Min 2018	350	350	1 200	1 200		62 000	6 100	7	63 000
Ka 2018	568	565	3 808	3 783		82 750	9 342	12	92 573
Maks 2018	970	970	18 000	17 820		110 000	14 000	17	110 000
Min 2019	370	364	1 700	1 659	300	68 400	5 600	8	77 300
Ka 2019	500	495	3 087	3 056	360	92 209	11 210	14	97 600
Maks 2019	740	740	7 800	7 730	460	120 000	27 400	21	120 000
Min 2020	320	313	2 100	2 054	180	66 000	4 500	0,2	65 000
Ka 2020	457	448	3 017	2 958	378	99 833	12 100	16	99 833
Maks 2020	640	637	4 300	4 283	650	14 000	22 000	22	130 000
Min 2021	230	227	1 200	1 184	100	66 000	3 800	9	62 000
Ka 2021	460	453	2 580	2 541	425	96 700	12 630	14	102 300
Maks 2021	810	799	3 900	3 830	670	160 000	24 000	19	180 000
Min 2022	140	139	410	406	48	33 000	5 700	2	13 000
Ka 2022	558	551	2 168	2 145	322	82 417	10 075	11	83 167
Maks 2022	1 100	1 092	3 800	3 781	590	180 000	20 000	16	120 000
Min 2023	60	59	310	304	26	6 700	8 600	1	12 000

Ka 2023	426	414	1 536	1 545	174	41 070	12 725	8	56 250
Maks 2023	710	707	2 500	2 480	350	88 000	21 000	18	99 000
Min 2024	340		1 900		140	67 000	6 300	8	68 000
Ka 2024	648		2 942		263	88 700	13 167	13	97 000
Maks 2024	1 500		4 300		440	110 000	21 000	18	130 000

Mustaliuskeessa todetut alkuaineiden kokonaispitoisuudet ovat olleet hyvin samankaltaisia koko tarkkailun aikana. Suurinta vaihtelu on ollut kuparin, mangaanin, nikkelin, sinkin, raudan ja kalsiumin kokonaispitoisuuksissa. Kiviaineksen korkean kuiva-ainepitoisuuden takia kuivapainoa (ka) ja tuorepainoa (TP) kohden ilmoitetut pitoisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan eivätkä vaikuta pitoisuusvertailuun.

Liukoisuustestit

KL2 alueelle läjitetyn sivukiven liukoisuuksia on tutkittu kuukausittain kokoomanäytteistä joulukuusta 2017 lähtien. Sivukivinäytteistä tutkitut liukoiset pitoisuudet kuvastavat lyhyen ajan pitoisuuksia, eivätkä ne huomioi sulfidien hapettumisen aiheuttamien happamien suotovesien liuotavaa vaikutusta.

Seuraavassa taulukossa on esitetty kuukausikokoomanäytteistä määritettyjen alkuaineiden liukoiset pitoisuudet merkittävimpien parametrien osalta sekä sivukiven pH ja sähkönjohtavuus. Liukoisuusominaisuuksia on verrattu kaatopaikka-asetuksen (VNa 331/2013) mukaisiin pysyvän, vaarattoman ja vaarallisen jätteen kaatopaikoille sijoittamista varten asetettuihin kaatopaikkakelpoisuuskriteereihin.

Aine/muuttuja	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb
	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Pysyvä jäte	0,5	20	0,04	0,5	2	0,01	0,5	0,4	0,5	0,06
Vaaraton jäte	2	100	1	10	50	0,2	10	10	10	0,7
Vaarallinen jäte	25	300	5	70	100	2	30	40	50	5
Joulukuu 2017	<0,020	0,023	<0,020	<0,020	<0,020	<0,003	<0,020	2	<0,020	<0,020
Min 2018	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,003	<0,020	0,17	<0,020	<0,020
Ka 2018		0,02	0,10	0,02	0,18		0,04	6,8		0,02
Maks 2018	<0,020	0,02	0,13	0,02	0,18	<0,003	0,07	24	<0,020	0,02
Min 2019	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,003	<0,020	0,34	<0,020	<0,020
Ka 2019			0,39		0,16		0,03	18	0,02	0,02
Maks 2019	<0,01	0,2	1,2	<0,01	0,22	<0,004	0,03	44	0,02	0,02
Min 2020	<0,01	<0,05	0,01	<0,01	<0,05	<0,004	<0,01	1,6	<0,005	<0,01
Ka 2020		0,09	0,55		1,1		0,03	23	0,04	0,02
Maks 2020	<0,01	0,2	2,7	<0,01	2,6	<0,004	0,03	81	0,13	0,02
Min 2021	<0,01	<0,05	0,01	<0,01	<0,05	<0,004	<0,01	2,3	<0,005	<0,01
Ka 2021		0,06	0,36		0,2			22	0,06	
Maks 2021	<0,01	0,1	1,0	2,5	0,57	<0,004	0,46	71	0,44	0,02
Min 2022	<0,01	<0,05	<0,005	<0,01	<0,05	<0,004	<0,01	1,1	<0,005	<0,01
Ka 2022			0,17					14	0,03	
Maks 2022	<0,01	0,091	0,7	<0,01	0,31	<0,004	0,06	47	0,15	0,01
Min 2023	<0,01	<0,05	0,01	<0,01	<0,05	<0,004	<0,01	0,01	0,01	0,01
Ka 2023	0,007	<0,05	0,04	<0,01	<0,05	0,008	0,020	1,9	0,02	0,01
Maks 2023	0,017	<0,05	0,08	<0,01	0,06	0,066	0,036	14	0,042	0,017
Min 2024	<0,01	<0,05	0,01	<0,01	<0,05	<0,004	<0,01	2,0	<0,005	<0,01
Ka 2024	<0,01	<0,05	0,06	<0,01	<0,05	<0,004	0,0145	5,6	0,081	0,016
Maks 2024	<0,01	<0,05	0,11	<0,01	0,06	<0,004	0,024	9,2	0,026	0,026

Aine/muuttuja	Se	Zn	U	Cl ⁻	F ⁻	SO ₄ ²⁻	DOC	TDS	pH	Sähkönj.
	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka		mS/m
Pysyvä jäte	0,1	4	-	800	10	1 000	500	4 000		-
Vaaraton jäte	0,5	50	-	15 000	150	20 000	800	60 000	>6	-
Vaarallinen jäte	7	200	-	25 000	500	50 000	1 000	100 000		-
Joulukuu 2017	0,12	0,19	<0,020	<24	<1,0	1 300	<23	2 600	8,5	22
Min 2018	0,05	0,03	<0,020	<24	<4,9	250	<39	84	5,3	10
Ka 2018	0,10	3,5				920		1 449	7,2	12
Maks 2018	0,15	17	<0,020	<25	<9	1 800	<50	2 200	9,2	16
Min 2019	0,05	0,23	<0,020	<5,6	<5	540	<50	1 600	4,2	12
Ka 2019	0,18	53	0,02	135		1 381	71	2 455	6,5	16
Maks 2019	0,34	380	0,10	210	<9	2 220	80	3 410	8,6	20
Min 2020	0,10	0,45	0,00	<50	<5	900	50	1 600	4,0	<5
Ka 2020	0,25	57	0,17	1 339	46	1 908	73	2 975	6,1	17
Maks 2020	0,70	250	0,87	3 900	86	4 400	100	4 900	8,1	20
Min 2021	0,07	0,16	0,00	<50	<5	300	<50	2 100	3,3	10
Ka 2021	0,19	51	0,40			1 530	80	3 175	6,2	29
Maks 2021	0,31	170	0,96	<50	<5	2 600	150	4 700	10,4	81
Min 2022	<0,04	0,07	<0,002	<50	<5	110	<50	<1 250	2,9	7,1
Ka 2022	0,16	23	0,07	<50	<5	1 250	85	4 845	5,6	29
Maks 2022	0,26	150	0,3	<50	<5	2 300	130	26 000	8,0	150
Min 2023	<0,04	0,05	0,0	<50	<5	130	61	1 300	6,1	6
Ka 2023	0,07	2,02	0,0	<50	<5	879	86	2 000	7,8	12
Maks 2023	0,15	13	0,0	<50	<5	2 700	130	2 700	10,3	20
Min 2024	0,078	0,3	<0,002	<50	<5	660	74	1 300	7,0	14
Ka 2024	0,070	2,6	0,003	<50	<5	1 030	102	1 800	7,2	40
Maks 2024	0,15	13,0	0,004	<50	<5	1 400	130	2 300	7,3	66

Pääsääntöisesti sivukivestä liukenevien alkuaineiden pitoisuudet olivat tehtyjen testien mukaan vähäisiä, ja sivukivestä liukenee metallien osalta pääosin nikkeliä ja sinkkiä. Vuosien 2018–2024 aikana vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerin ylityksiä on todettu nikkelin ja sinkin osalta ja vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerin ylityksiä lisäksi kadmiumin, seleenin ja pH:n osalta.

Haponmuodostus ja neutralointipotentiaali

Todenmukaisempi käsitys liukoista pitoisuuksista sivukiven pitkän aikavälin varastoinnissa saadaan haponmuodostus- ja neutralointikapasiiteetin määritysten (ns. ABA-testien) perusteella. Suomessa kaivannaisjätteen haponmuodostus- ja neutralointipotentiaalia tutkitaan yleensä ABA-testillä, koska kaivannaisjäte voidaan kyseisen testin tulosten perusteella luokitella joko pysyväksi tai ei-pysyväksi sekä EU-lainsäädännön (komission päätös 2009/359) että kansallisen lainsäädännön (nk. kaivannaisjäteasetus, Vna 190/2013) mukaan. Kaivannaisjäteasetuksen mukaan pysyvän jätteen raja-arvo on sulfidiselle rikille joko 0,1 %, tai enintään 1 % mikäli jätteen neutralointipotentiaalisuhde (NPR) on suurempi kuin kolme (3). Näyte tulkitaan ei-happoa tuottavaksi (Not Acid Forming, NAF), mikäli edellä mainitut ehdot täyttyvät ja todennäköisesti happoa tuottavaksi (Potentially Acid Forming, PAF), jos sulfidisen rikin raja-arvo ylittyy.

Toinen yleisesti käytetty karakterisointimenetelmä on NAG-testi (Net Acid Generation). NAG-testi ei ole standardoitu menetelmä. AMIRA Internationalin (2002) ohjeistuksen mukaan näyte luokitellaan ei-happoa tuottavaksi (NAF), kun NAGpH ylittää 4,5 ja nettohapontuottopotentiaali (jatkossa NAPP-arvo) on negatiivinen. Mikäli NAPP-arvo on positiivinen ja NAGpH alittaa 4,5, näyte luokitellaan todennäköisesti happoa tuottavaksi (PAF). Näytteen luokitus on epävarma (UC), mikäli NAPP-arvo on negatiivinen ja NAGpH alle 4,5, ja kun NAPP-arvo on positiivinen ja NAGpH yli 4,5. ABA-testien lisäksi sivukivistä on määritetty niiden haponneutralointikapasiteetti (ANC) ja esimerkiksi osana sivukivien pitkäaikaikäkäyttämistutkimusta sivukiville on tehty myös NAG-testejä (ks. kappale jäljempänä).

Sivukivien haponmuodostus- ja neutralointikapasiteetin määrittämisä eli ns. ABA-testit on tehty vuosina 2006, 2017, 2018 ja 2020. Vuonna 2006 ABA-testit tehtiin 17 sivukivinäytteelle ja vuonna 2017 neljälle sivukivinäytteelle.

Vuoden 2017 ABA-testin tulokset ovat esitetty seuraavassa taulukossa.

Alkuaine	Mustaliuske	Kiilleliuske	Kvartsiitti	Metakarbonaatti
S (kok) [%]	11,6	0,079	<0,005	9,12
Sulfidinen rikki [%]	8,58	0,03	<0,02	7,45
C (kok) [%]	7,04	0,206	0,044	7,3
NP [kg CaCO ₃ /t]	2,2	2,9	4	65
AP [kg CaCO ₃ /t]	268	0,94	0,62	233
NP/AP (NPR)	0,01	3,09	6,45	0,28
Hapontuottokyky	Happoa tuottava	Ei happoa tuottava	Ei happoa tuottava	Happoa tuottava

Vuosina 2018 ja 2020 tutkittiin vain kiilleliuskeita, viisi näytettä 2018 ja seitsemän näytettä 2020. Vuosien 2018 ja 2020 kiilleliuskenäytteiden ABA-testien tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa.

Alkuaine	S (kok) [%]	C (kok) [%]	NP [kg CaCO ₃ /t]	AP [kg CaCO ₃ /t]	NP/AP (NPR)	Hapontuottokyky
2018	0,20	0,21	12,6	6,1	2,05	Happoa tuottava
	0,37	0,25	9,0	11,6	0,77	Happoa tuottava
	1,14	0,15	6,2	35,7	0,17	Happoa tuottava
	1,12	0,11	5,7	35,0	0,16	Happoa tuottava
	1,11	0,64	5,8	34,8	0,17	Happoa tuottava
2020	0,21	0,17	8,9	6,5	1,36	Happoa tuottava
	0,21	0,15	4,6	6,5	0,71	Happoa tuottava
	0,11	0,22	9,7	3,6	2,70	Happoa tuottava
	0,08	0,25	11,9	2,6	4,58	Ei happoa tuottava
	0,32	0,67	8,9	10,1	0,88	Happoa tuottava
	0,14	0,47	10,0	4,4	2,26	Happoa tuottava
	0,13	0,35	9,8	4,2	2,33	Happoa tuottava
	0,09	0,55	7,5	2,8	2,65	Ei happoa tuottava
	0,09	0,22	10,6	2,7	3,93	Ei happoa tuottava

Näiden tutkimusten perusteella mustaliuske sekä suurin osa metakarbonaattikivistä luokitteuivat todennäköisesti happamia suotovesiä muodostaviksi. Kvartsiittia olevista sivukivistä suurin osa luokitteui ei-happamia suotovesiä muodostavaksi. Kiilleliuskenäytteissä on esiintynyt sekä mahdollisesti happamia suotovesiä muodostavia näytteitä että ei-happamia suotovesiä muodostavia näytteitä. Tehtyjen tutkimusten perusteella kiilleliuskeessa esiintyvät satunnaisesti korkeat rikkipitoisuudet todennäköisesti johtuvat kiilleliuskeen sisällä sulkeutuneena olevista mustaliuskeista ja itse kiilleliuske luokitteuu ei-happamia suotovesiä muodostavaksi.

Sivukivistä on tutkittu myös haponneutralointikapasiteetti (ANC). Sivukivien haponneutralointikapasiteetti on alhainen, koska haponneutralointikapasiteetti on alle 0,2 mol H⁺/kg pH:ssä 5.

Jäteluokitus ja siihen liittyvät vaaraominaisuudet

Sivukiville on tehty Ympäristöministeriön oppaan ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” mukainen ympäristövaarallisuuden arviointi, jossa verrattiin sivukivien kokonaispitoisuuksia vaarallisen jätteen pitoisuusraja- ja cut-off-arvoihin.

Mustaliuske kivessä mikään aine ei ylitä vesieliöille välittömästi myrkyllisen aineen raja-arvoa. Kupari-, nikkeli- ja sinkkisulfaateille annetut cut-off-arvot ylittyvät kyseisten metallien pitoisuuksien osalta, jolloin välitön myrkyllisyys vesieliöille määritetään niiden osalta. Mustaliuskesivukivi ei ole välittömästi myrkyllistä vesieliöille metallisulfaattien osaltakaan. Vesieliöstön pitkäaikaisia haittavaikutuksia arvioitaessa kupari-, nikkeli- ja sinkkisulfaatille asetut raja-arvot ylittyvät kuparin, nikkelin ja sinkin osalta. Koska mustaliuskesivukivessä kolmen aineen raja-arvo ylittyy, ei ole tarpeen tehdä aineiden (metallien) yhteenlaskuun perustuvaa arviota. Mustaliuske kiv ei ole välittömästi myrkyllinen vesieliölle, mutta kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuuden takia mustaliuskesivukivi luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, vesieliöille pitkäaikaisia haittavaikutuksia aiheuttavaksi (Aquatic Chronic 1, H410).

Kiilleliuskesivukivessä mikään aine ei ylitä vesieliöille välittömästi myrkyllisen aineen raja-arvoa. Vuoden 2011 sinkkipitoisuus 1 067 mg/kg ylittää sinkkisulfaatille annettu cut-off-arvon (1 000 mg/kg). Kiilleliuskesivukivi ei ole välittömästi myrkyllistä vesieliöille, koska sinkkipitoisuus alittaa välittömästi myrkyllisen vesieliöille esitetyn pitoisuusrajan 250 000 mg/kg. Vesieliöstön pitkäaikaisia haittavaikutuksia arvioitaessa sinkkisulfaatille asetettu raja-arvo ylittyy sinkin osalta. Koska kiilleliuskesivukivessä yhden aineen raja-arvo ylittyy, ei ole tarpeen tehdä aineiden (metallien) yhteenlaskuun perustuvaa arviota. Kiilleliuske kiv ei ole välittömästi myrkyllistä vesieliölle, mutta sinkkipitoisuuden takia kiilleliuskesivukivi luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, vesieliöille pitkäaikaisia haittavaikutuksia aiheuttavaksi (Aquatic Chronic 1, H410). Koska sinkkipitoisuus on merkittävästi vaihdellut kiilleliuskesivukivessä, ei kiilleliuskesivukiven luokitus vaaralliseksi jätteeksi ole selkeä. Kiilleliuskesivukiven sinkkipitoisuuden keskiarvon mukaan pitoisuus alittaa sinkkisulfaatin

raja-arvon, jolloin kiilleliuskesivukiveä ei luokitella ympäristölle vaaralliseksi.

Kvartsiittisivukivessä mikään aine ei ylitä vesieliöille välittömästi myrkyllisen aineen raja-arvoa. Vuoden 2011 sinkkipitoisuus 1431 mg/kg ylittää sinkkisulfaatile annettu cut-off-arvon (1 000 mg/kg), mutta vuonna 2017 sinkkipitoisuus on ollut alle 5 mg/kg. Kvartsiittisivukivi ei ole välittömästi myrkyllistä vesieliöille, koska sinkkipitoisuus alittaa välittömästi myrkyllisen vesieliöille esitetyn pitoisuusrajan. Vesieliöstön pitkäaikaisia haittavaikutuksia arvioitaessa sinkkisulfaatile asetettu raja-arvo ylittyy sinkin osalta. Koska kvartsiittisivukivessä yhden aineen raja-arvo ylittyy, ei ole tarpeen tehdä aineiden (metallien) yhteenlaskuun perustuvaa arviota. Kvartsiittisivukivi ei ole välittömästi myrkyllinen vesieliölle, mutta sinkkipitoisuuden takia kvartsiittisivukivi luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, vesieliöille pitkäaikaisi haittavaikutuksia aiheuttavaksi (Aquatic Chronic 1, H410). Koska sinkkipitoisuus on merkittävästi vaihdellut kvartsiittisivukivessä, ei kvartsiittisivukiven luokitus vaaralliseksi jätteeksi ole selkeä. Kvartsiittisivukiven sinkkipitoisuuden keskiarvon mukaan pitoisuus alittaa sinkkisulfaatin raja-arvon, jolloin kvartsiittisivukiveä ei luokitella ympäristölle vaaralliseksi.

Metakarbonaattisivukivessä mikään aine ei ylitä vesieliöille välittömästi myrkyllisen aineen raja-arvoa. Kupari-, nikkeli- ja sinkkisulfaateille annettut cut-off-arvot ylittyvät kyseisten metallien pitoisuuksien osalta. Pitoisuuksien perusteella metakarbonaattisivukivi ei ole välittömästi myrkyllistä vesieliöille. Vesieliöstön pitkäaikaisia haittavaikutuksia arvioitaessa kupari-, nikkeli- ja sinkkisulfaatile asetetut raja-arvot ylittyvät kuparin, nikkelin ja sinkin osalta. Koska metakarbonaattisivukivessä kolmen aineen raja-arvo ylittyy, ei ole tarpeen tehdä aineiden (metallien) yhteenlaskuun perustuvaa arviota. Metakarbonaattisivukiven mangaanipitoisuus on vaihdellut 9 300–18 900 mg/kg. Mangaanisulfaatin vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvo on 25 000 mg/kg ja vaarallisen jätteen pitoisuusraja yhdisteen sisältämälle mangaani-ionille on 9 300 mg/kg. Metakarbonaatin mangaanipitoisuus ylittää mangaanisulfaatin vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon mangaani-ionille. Metakarbonaattisivukivi ei ole välittömästi myrkyllinen vesieliölle, mutta kupari-, mangaani-, nikkeli- ja sinkkipitoisuuden takia metakarbonaattisivukivi luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, vesieliöille pitkäaikaisia haittavaikutuksia aiheuttavaksi (Aquatic Chronic 1, H410).

Sulkemissuunnittelun yhteydessä tehty täydentävä ominaisuuksien määrittely

Sivukiven pitkäaikaikäkäyttäytyminen vaikuttaa muodostuvan suotoveden laatuun. Mahdollisten ympäristövaikutusten näkökulmasta merkitystä on erityisesti sulfidipitoisten, todennäköisesti happoa tuottavien sivukivilajien pitkäaikaikäkäyttäytymisellä, sillä sulfidimineraalien hapettumisen seurauksena syntyy hapanta, metallipitoista suotovettä (AMD).

Eri sulfidimineraalit hapettuvat eri lailla ja eri nopeuksilla. Magneettikiisun hapettuminen on merkittävä tekijä erityisesti hapettumisen alkuvaiheessa. Rikkikiisu taas on määränsä puolesta tärkein sulfaattilähde.

Muiden sulfidimineraalien vaikutus liittyy pääasiassa raskasmetallien vapautumiseen niitä sisältävien mineraalien rapautumisen yhteydessä. Hapettumisen nopeuteen vaikuttaa myös vallitseva lämpötila: lämpötilan noustessa hapettumisreaktiot nopeutuvat.

Happoa tuottavat reaktiot laskevat suotoveden pH:ta, jolloin happamuus ja kiisujen hapettumisen seurauksena vapautunut ferrirauta liuottavat mineraaleista metalleja liuokseen. Sivukivissä esiintyvät neutraloivat mineraalit (kalsiitti, kalimaasälpä, plagioklaasi ja amfibolit) puskuroivat pH:ta. Suotoveden pH:n ollessa riittävän korkealla, ferrirauta reagoi hapen ja veden kanssa muodostaen saostuvaa rautahydroksidia, johon pidättyy myös muita sulfideista happamissa olosuhteissa liuenneita metalleja (arseenia, kromia, kuparia, elohopeaa, molybdeeniä, lyijyä, tinaa, uraania, sinkkiä).

Sivukiven pitkäaikaiskäyttäytymistä on tutkittu AFRY Finland Oy:n toimesta pitkäaikaiskäyttäytymisen laboratoriokokeilla. Sivukiven geokemiallisia ominaisuuksia tutkittiin ottamalla 16 sivukivinäytettä, jotka edustavat eri kivilajityyppejä ja rapautumisen vaiheita (tuore vs. hapettunut). Rapautuneet (hapettuneet) näytteet poimittiin Kuusilammen avolouhoksen pidempään avoinna olleista osista, tuoreet sivukivinäytteet taas koostettiin vastikään louhituilta kentiltä.

Geokemiallisia ominaisuuksia on tutkittu sekä staattisilla että kineettisillä tutkimuksilla. Staattiset tutkimukset kuvaavat näytteen tilaa yhdellä ajanhetkellä eli eivät siten kuvaa näytteen reagointia olosuhdemuutoksiin. Sivukivinäytteitä on tutkittu tai näytteitä on parhaillaan tutkittavana seuraavilla staattisilla menetelmillä:

- ABA-testi (acid base accounting), jolla määritellään näytteen neutralointi- ja hapontuottopotentiaali
- kokonaispitoisuuksien määrittäminen (kuningasvesiuutto tai fuusio)
- NAG-testi (net acid generation), jolla määritetään näytteen nettohapontuotto teoreettisella tasolla
- NAG-testin loppuliuosanalyysi, jolla määritetään NAG-uutteen pitoisuudet eli kuinka paljon aineita näytteestä liukenee sulfidien äärimmäisen hapettamisen seurauksena suoraan tai välillisesti
- mineraloginen karakterisointi röntgendiffraktiometrian (XRD) avulla
- mineraloginen karakterisointi mineraalipistelaskennan (MLA) avulla

Tulosten raportointi keskittyy ympäristövaikutuksiltaan tärkeimpiin alkua-aineisiin (kuten nikkeli, kadmium ja sinkki). Tulokset on esitetty viikolle 95 asti, ja esimerkiksi mustaliuskenäytteiden osalta kosteuskammio-koetulokset ovat vielä kesken.

Kosteuskammio-koekokeiden päätyttyä näytteet tutkitaan uudelleen seuraavilla staattisilla menetelmillä:

- näytteen pH ja sähkönjohtavuus lopputilanteessa
- ABA-testi
- peräkkäisuuhto
 - vaihtuvat ionit
 - absorboituneet
 - karbonaatit
 - amorfiset rautaoksideihin sitoutuneet
 - kiteiset rautaoksideihin sitoutuneet
 - jäännöksestä kuningasvesiliukoiset (sis. myös mahdolliset sulfideihin sitoutuneet)
- mineralogia (XRD)

ABA-testi

ABA-testi (acid base accounting) tehdään kaivannaisjätteelle aina, sillä kyseessä on yksi kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteen 1 mukaisista vaatimuksista, joiden perusteella kaivannaisjäte luokitellaan pysyväksi tai ei-pysyväksi. Jotta jäte voidaan luokitella pysyväksi kaivannaisjätteeksi, sulfidisen rikin pitoisuus saa olla enintään 0,1 prosenttia tai neutralointipotentiaalisuhteen ollessa >3 , enintään 1 prosentti.

ABA-testin tarkoituksena on selvittää, voiko kaivannaisjätteestä aiheutua hapanta valumaa. Määrittelypaketti 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 lasketaan karbonaattihiilen pitoisuudesta. Testin tuloksista lasketaan myös neutralointipotentiaali-suhde NPR (kaavalla NP/AP ; neutralization potential ratio) sekä nettoneutraloimispotentiaali NNP (kaavalla $NP-AP$; net neutralization potential). Tulosten perusteella tutkittava materiaali voidaan luokitella happoa tuottavaksi (PAF; potentially acid forming) tai ei-happoa tuottavaksi (NAF; non acid forming), mutta pysyväksi jätteeksi luokittelu edellyttää tämän lisäksi riittävän alhaisia alkuaainepitoisuuksia kuningasvesiuutolla tutkittuina.

Sivukivien ABA-testien tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa. Lyhenteet ovat H= kosteuskammiotestin sivukivi, K= kolonnikokeen sivukivi, KL = mustaliuske, KL = kiilleliuske, TL = talkkiliuske, T = tuore näyte, R = rapautunut näyte.

Näyte	Kivilaji	Ckok. %	C epä- org. %	Skok. %	S sulf. %	AP kg/CaCO ₃ eq/t	NP kg/CaCO ₃ eq/t	NPR
001-H	ML-T	6,9	0,73	12,8	9,0	282	3,3	0,012
002-H	ML-T	12,1	1,45	7,2	4,2	133	10,9	0,082
003-H	ML-T	5,6	0,94	7,7	3,5	108	1,8	0,017
004-H	ML-T	8,6	1,62	8,8	7,3	229	4,9	0,021
005-	ML-R	9,3	1,15	5,0	0,65	20	3,7	0,18
006-K	ML-R	4,0	0,61	10,7	9,9	308	-0,6	-0,002
007-K	ML-R	9,2	0,75	9,9	8,2	255	5,0	0,020
008-K	ML-R	8,9	0,42	6,6	0,74	23	10,4	0,45
009-H	KL-T	0,20	0,020	0,71	0,07	2,2	7,1	3,3
010-H	KL-T	0,15	0,030	1,22	0,10	3,1	6,2	2,0
011-H	KL-T	0,15	0,010	0,27	0,10	3,1	7,5	2,4
012-H	KL-T	0,13	0,005	0,13	0,02	0,63	7,8	12
013-K	KL-R	0,02	0,005	0,19	0,10	3,1	30,8	9,9
014-K	KL-R	0,05	0,030	0,07	0,02	0,63	32,1	51
015-K	KL-R	0,30	0,005	0,79	0,05	1,6	29,4	19
016-H	TL-T	0,04	0,005	2,46	0,23	7,2	31,9	4,4

Kokonaispitoisuuksien mittaaminen kuningasvesiuutolla

Kuningasvedellä pyritään uuttamaan muut kuin vaikeasti silikaattimineeraaleihin sitoutuneet metallit. Kuningasvesiuutto toteutetaan standardin SFS ISO 11466 mukaisella tavalla väkevän suolahapon (HCl) ja typpihapon (HNO₃) seoksella. Kuningasvesiuuton tieto toimii osana kaivannaisjätteen luokittelua pysyväksi tai ei-pysyväksi jätteeksi. Kaivannaisjättesetuksen liitteen 1 mukaisesti, kuningasvesiuuton tuloksia verrataan PIMA-asetuksen (214/2007) kynnyksarvoihin. Vaihtoehtoisesti tuloksia verrataan alueellisiin taustapitoisuuksiin.

Sivukivien kokonaispitoisuustestin tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa. Lyhenteet ovat H= kosteuskammiokokeen sivukivi, K= kolonnikokeen sivukivi, KL = mustaliuske, KL = kiilleliuske, TL = talkkiliuske, T = tuore näyte, R = rapautunut näyte.

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*				6	23	33		19			1	1
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
001-H	ML-T	233	13,2	117	110	1055	2,6	1705	48	2,5	750	4150
002-H	ML-T	116	21,0	47	150	727	2,6	712	49	3,7	1085	4910
003-H	ML-T	19	10,1	88	110	666	0,25	1075	23	0,74	618	2580
004-H	ML-T	117	15,2	76	140	710	0,67	838	27	1,5	910	4160
005-	ML-R	11	16,4	40	120	836	0,35	427	20	0,68	910	2790
006-K	ML-R	120	1,6	39	90	273	0,16	140	26	0,61	287	241
007-K	ML-R	189	23,6	49	120	532	1,9	567	53	3,3	702	3350
008-K	ML-R	8	18,9	60	160	790	0,15	905	25	0,49	1000	5080
009-H	KL-T	1,9	0,3	17	110	54	<0,005	60	13	<0,05	137	115
010-H	KL-T	0,7	1,5	17	100	49	0,005	53	12	0,05	118	308
011-H	KL-T	0,6	0,1	17	100	31	0,007	57	11	0,06	121	121
012-H	KL-T	1,8	0,1	17	110	39	<0,005	51	13	0,06	126	92
013-K	KL-R	1,8	0,2	16	100	45	<0,005	47	18	0,12	113	84
014-K	KL-R	1,8	0,2	15	100	46	0,006	44	16	0,07	118	82
015-K	KL-R	0,9	0,2	16	100	57	<0,005	53	13	0,06	125	93
016-H	TL-T	2,0	0,4	60	1770	174	0,059	1510	4	0,21	76	175
Jäte- iae		113	21	53	76	637		506	22			3057

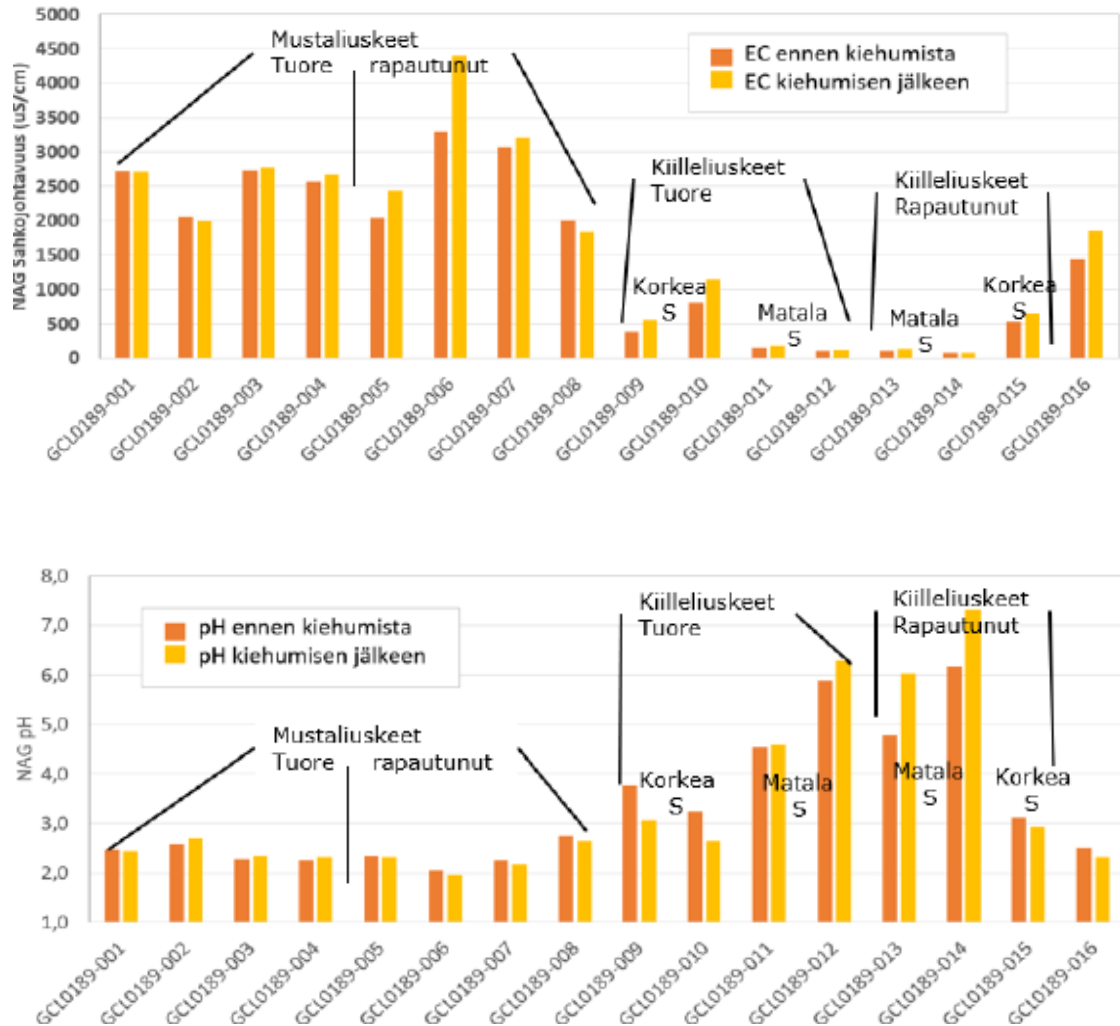
* GTK:n taustapitoisuusrekisteristä (TAPIR) 2022

NAG-testi

NAG-testi tehdään yleensä ABA-testin rinnakkaismenetelmänä. NAG-testillä määritetään näytteen nettohapontuotto (net acid generation). NAG-testi hapettaa tehokkaasti näytteessä olevia sulfidimineraaleja vapauttaen myös happamuutta, joka puolestaan reagoi karbonaattimineraalien ja reaktiivisten silikaattimineraalien kanssa. NAG-testi tehdään ohjeen AMIRA P387A (Appendix D) mukaisesti. NAG-testin tuloksena

saatavat NAG-pH (eli NAG-testin minimi-pH) ja nettohapontuottopotentiaali eli NAG-arvo eivät vastaa mitään todellisesta kaivannaisjätealueen suotovedestä mitattavia tekijöitä, vaan toimivat riskien tunnistamisen työkaluna ja antavat viitteellistä tietoa kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttymisestä.

NAG-testien lopputulokset pH:n ja sähkönjohtavuuden osalta on esitetty seuraavissa kuvissa.



Osassa näytteitä NAG-testin loppuliuksen analyysin perusteella vetyperoksidi kului loppuun ennen kuin kaikki sulfidinen rikki oli ehtinyt reagoida. Siksi tuloksia näytteille, joissa rikkiä on noin >1 % (eli suurin osa näytteistä) pitää tulkita varauksella.

NAG-testin loppuliuksen tulokset (seuraava taulukko) kuvaavat hyvin näytteiden eroja ja tukevat kosteuskammiokoekiden tuloksia. NAG-testin loppuliuksen tuloksissa alle määritysrajan olevien alkuaineiden pitoisuudet ovat hyvin epätodennäköisesti merkityksellisiä tutkitun sivukiven pitkäaikaiskäyttymisen kannalta. (B.D.L. = alle määritysrajan)

Määrittäysraja yks.			Mustaliuske (tuore)				Mustaliuske (rapautunut)			
			001	002	003	004	005	006	007	008
Ag	0,00001	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	0,00045	B.D.L.
Al	0,001	mg/l	18	26	12	18	4,7	0,92	19	18
As	0,0001	mg/l	0,0025	0,0026	0,0012	0,0028	0,0014	0,00032	0,0054	0,0033
B	0,01	mg/l	B.D.L.	0,97	0,51	B.D.L.	0,13	0,028	0,29	B.D.L.
Ba	0,0001	mg/l	0,02	0,031	0,04	0,022	0,028	0,0057	0,023	0,018
Be	0,0001	mg/l	0,0015	0,0018	0,0029	0,0024	0,0014	0,00029	0,0012	0,0019
Bi	0,00005	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.
Ca	0,05	mg/l	20	48	7,3	16	2,4	0,52	17	23
Cd	0,000005	mg/l	0,058	0,1	B.D.L.	0,07	0,074	B.D.L.	0,11	0,082
Ce	0,00001	mg/l	0,000069	0,000082	0,0004	0,00041	0,00028	0,000052	0,00013	0,00027
Co	0,0001	mg/l	0,16	0,095	0,19	0,14	0,08	0,015	0,11	0,15
Cr	0,0005	mg/l	0,0026	0,0015	0,0035	0,0073	0,00098	B.D.L.	0,0069	0,0015
Cu	0,0002	mg/l	1,7	1,6	1,2	2,6	2,2	0,45	2,3	1,1
Fe	0,01	mg/l	150	70	150	68	91	18	99	100
Hg	0,000005	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.
K	0,05	mg/l	6,9	8,9	6,6	7,2	5,4	1	7,5	4,6
Li	0,001	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	0,011	0,0082	0,0059	0,0011	B.D.L.	B.D.L.
Mg	0,005	mg/l	2,8	3,5	9,7	7,3	4,5	0,88	2,7	3,3
Mn	0,0001	mg/l	5,3	6,7	2,1	6,7	6,4	1,3	2	2,1
Mo	0,00005	mg/l	0,00032	0,00041	B.D.L.	0,00056	B.D.L.	B.D.L.	0,00083	B.D.L.
Na	0,05	mg/l	1,3	2,9	1	0,8	0,27	0,064	2	2
Ni	0,0005	mg/l	6,6	3	4,4	3,6	1,6	0,3	2,2	3,2
P	0,05	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.
Pb	0,00005	mg/l	0,093	0,093	0,04	0,062	0,038	0,0076	0,16	0,032
Ru	0,0002	mg/l	0,018	0,026	0,028	0,03	0,02	0,0036	0,026	0,015
Sb	0,0001	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.
Se	0,00005	mg/l	0,082	0,081	0,065	0,066	0,05	0,0089	0,072	0,067
Si	0,05	mg/l	33	55	24	32	11	2	26	43
Sn	0,0001	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.
Sr	0,0002	mg/l	0,035	0,08	0,019	0,035	0,0043	0,00085	0,043	0,08
S	0,5	mg/l	210	180	190	160	130	25	190	160
Te	0,0002	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.
Tl	0,00001	mg/l	0,0042	0,0048	0,0041	0,0046	0,0025	0,00049	0,0049	0,0026
Th	0,0001	mg/l	0,0041	0,003	0,0025	0,0035	0,005	0,0011	0,018	0,0021

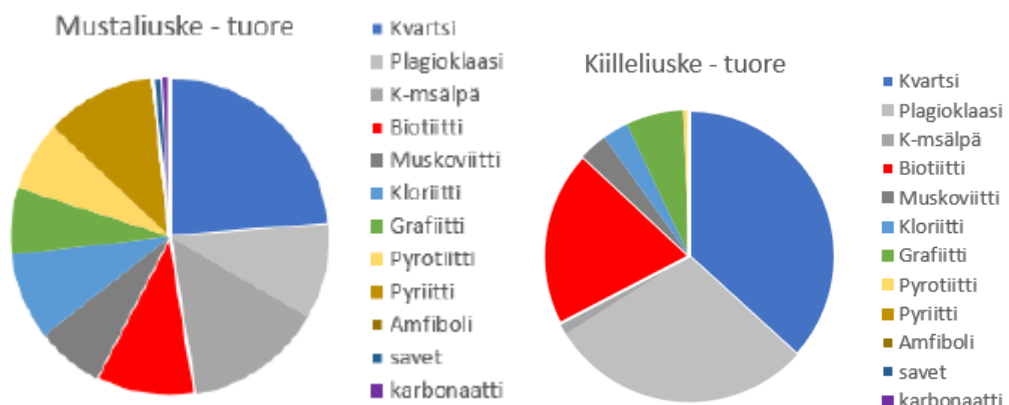
Ti	0,0003	mg/l	0,0062	0,0045	B.D.L.	0,018	B.D.L.	B.D.L.	0,019	B.D.L.
U	0,00001	mg/l	0,08	0,11	0,036	0,065	0,069	0,017	0,065	0,096
V	0,0005	mg/l	0,0066	0,0039	0,01	0,018	B.D.L.	B.D.L.	0,01	0,0042
W	0,0001	mg/l	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.	B.D.L.
Zn	0,001	mg/l	17	22	11	18	12	2,4	15	20

Röntgendiffraktometria (XRD)

Röntgendifraktometria (XRD, x-ray diffractometry) on perusmineraloginen tutkimus, jolla saadaan tietoa tutkittavan aineksen rakenteesta ja mineraalikoostumuksesta. Hienonnettu näyte altistetaan eri suunnista tulevalle röntgensäteilylle ja mitataan säteilyn sironnan ominaisuuksia, jonka perusteella määritetään mineraloginen koostumus.

Erityisesti hienorakeisissa ja korkean grafiittipitoisuuden omaavissa mustaliuskeissa näyttää, että mineralogiaa tulee tulkita varauksella ja kemiallisten tulosten rinnalla. Esimerkiksi kahdessa rapautuneessa mustaliuskeessa on röntgendifraktometritulosten (XRD) mukaan huomattavasti pyrroitiittia (12-16 %), mutta kemian mukaan näissä kivissä on <1 % sulfidia. Pyrroitiitti on ensimmäisiä kivistä hapettuvia ja poistuvia mineraaleja, joten tavallisesti sitä on vähemmän selkeästi rapautuneissa kivissä. Näissä kivissä on kemian mukaan korkea sulfaattipitoisuus, joten on mahdollista, että sulfidimineraalit ovat muuttuneet sekundäärisiksi metallisulfaateiksi, jotka ovat yleensä erittäin liukoisia veteen lähes kaikissa olosuhteissa.

Seuraavissa kuvissa on esitetty tuoreiden sivukivinäytteiden mineralogia XRD-tutkimuksen perusteella.

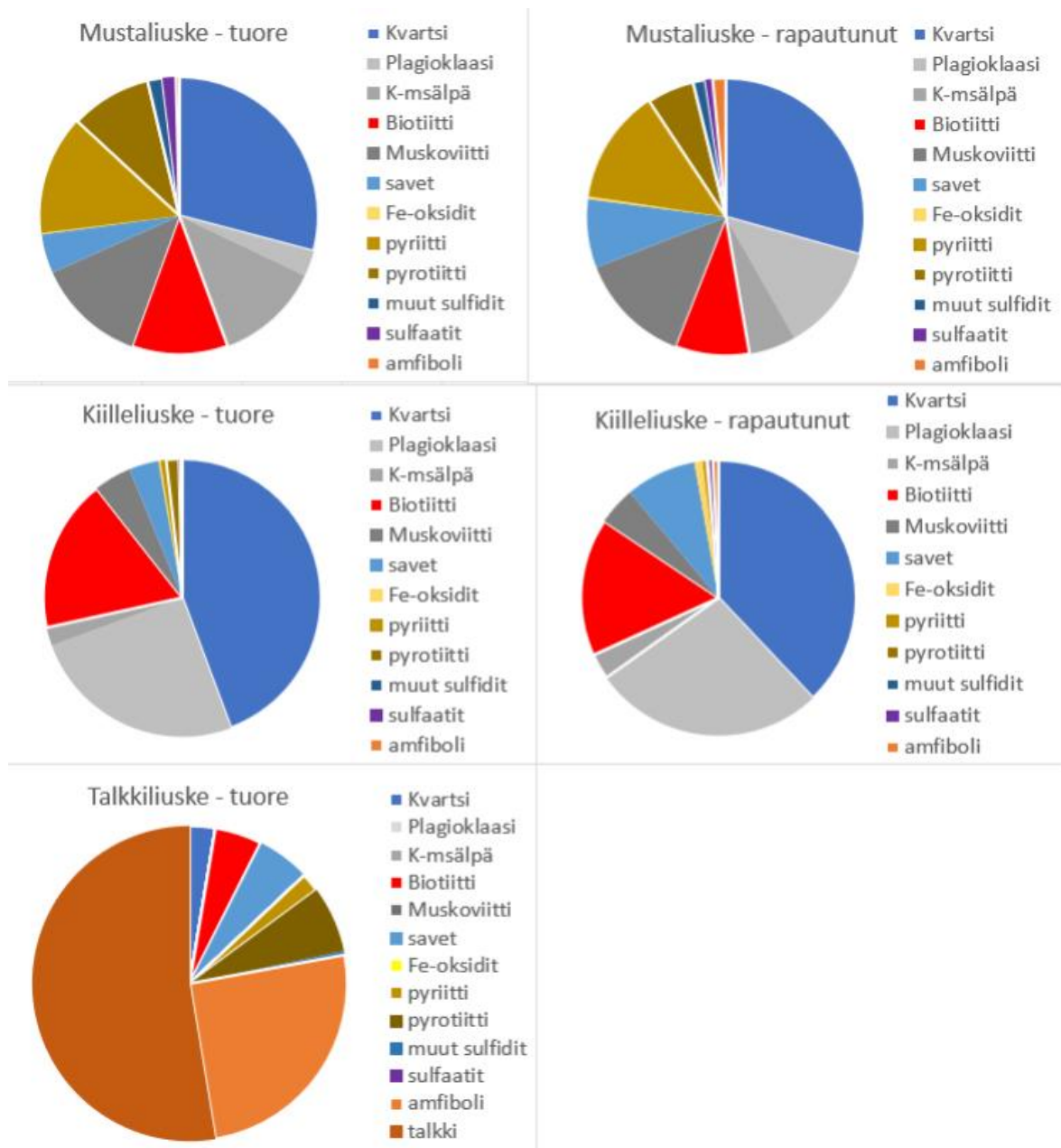




Mineraalipistelaskenta (MLA käyttäen SEM/EDX)

Mineraalipistelaskennassa näytteestä tehdään pintahie, joka tutkitaan pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (scanning electron microscope, SEM), jolla näytteestä saadaan sekä morfologista että kemiallista tietoa. Näytteen pinnasta saatavan tiedon tulkitsemiseen käytetään energiadispersiivistä spektrometriaa (EDS/EDX). Menetelmän heikkoutena on näytteenvalinnan suuri merkitys tuloksissa. Noin 10 cm³ alueesta päätellään koko kivilajin mineraloginen koostumus. Spektrien tulkinta yms. voivat myös olla tulkinnanvaraisia. Lisäksi Terrafamen tapauksessa menetelmän selkeä puute on analyysin kyvyttömyys tunnistaa grafiittia. Pinnan varautumisen vähentämiseksi hieet täytyy pinnoittaa, tyypillisesti hiilellä tai kullalla. Tässä käytettiin hiiltä, joka näkyy tuloksista. Mineraalien tunnistus ja luokittelu tapahtuu hieman eri lailla eri menetelmissä, mutta pääsääntöisesti tulokset ovat grafiittia lukuun ottamatta hyvin yhteneviä.

SEM/EDX-analyysin tulokset on esitetty seuraavissa kuvissa.

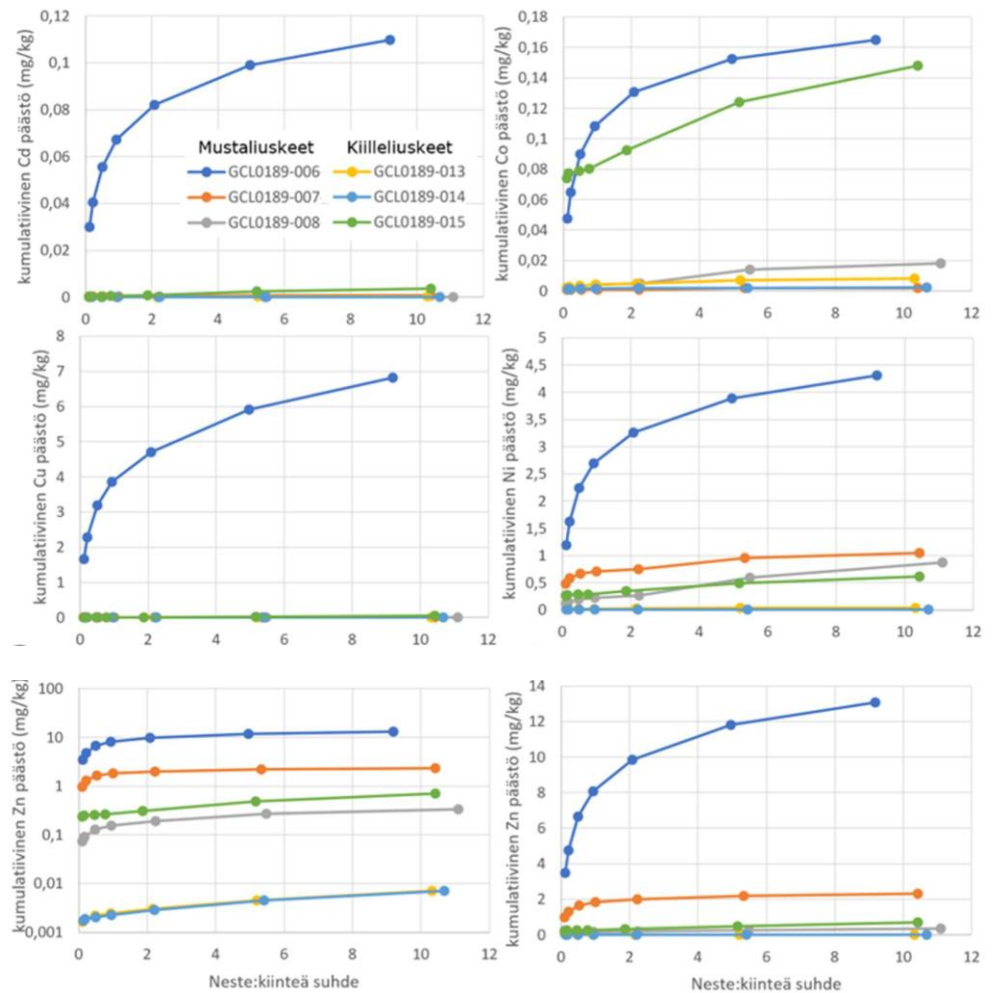


Kolonnikokeet

Kolonnikokeissa murskattu näyte pakataan kolonniin, jonka läpi johdetaan tislattua vettä vakiovirtaamalla pitäen näyte koko ajan vedellä kylästyneenä. Näytteen läpi virranneesta vedestä kerätään näytteet edustamaan tiettyjä neste-kiintoaine-suhteita. Kolonnikoe kuvastaa näytteen käyttäytymistä vedellä kyllästymisen seurauksena ja sen jälkeen. Tulokset sopivat syötteeksi esimerkiksi sivukivitäytön vedenalaisen osan mallintamiseen. Kolonnikokeen päätepisteessä neste-kiintoaine-suhde on 10. Tässä vaiheessa päästö on tyypillisesti tasoittunut kumulatiivisessa diagrammissa eli näytteestä liukenee hyvin vähän lisää aineita.

Kolonnikokeen tulokset esitetään tyypillisesti kumulatiivisena summana eli kaikissa kokeen vaiheissa liuenneet ainemäärät lasketaan yhteen neste/kiinteä-ainesuhteen kasvaessa (eli ajan myötä kokeen edetessä).

Kokeen päättyessä liukeneminen oli merkittävästi pienentynyt alkuvaiheeseen nähden. Kokeen tuloksista voidaan yleisesti todeta, että todennäköisesti näytteen teksturi vaikuttaa näytteiden käyttäytymiseen merkittävästi. Tärkeimpien metallien (kadmium, koboltti, nikkeli ja sinkki) päästöjen kehittyminen kolonnikokeissa on esitetty seuraavassa kuvassa. Mustaliuskenäyte 006 käyttäytyy selkeästi poikkeavasti verrattuna muihin näytteisiin. Kuparin ja kadmiumin osalta matalat pitoisuudet olivat kaikki tasaisen matalia, nikkelpäästön erot näytteiden välillä on havaittavissa diagrammista, mutta selkeyden takia sinkille näytetään näytteiden väliset erot myös logaritmisella asteikolla (vasemmalla alhaalla).



Kosteuskammiokokeet (HCT)

Kosteuskammiokoe (humidity cell test) on ensisijainen testimenetelmä silloin, kun tarvitaan tietoa kaivannaisjätteen hapettumisesta ja hapettu-

mistuotteista pitkällä aikavälillä, erityisesti tuotettaessa lähtötietoa suoto-vesien laadun arviointiin. Kosteuskammiokoe (ASTM D5744) on pitkäaikainen kineettinen koe ja sen kesto vaihtelee tarpeen mukaan 20 viikosta useisiin vuosiin. Kosteuskammiokokeessa murskattuja (<6,4 mm) kiviäytteitä altistetaan vuoron perään 3 vrk ajan kuiville ja 3 vrk ajan kosteille olosuhteille. Seitsemäntenä päivänä sivukivimurskeen kanssa tekemissä olleesta huuhteluvedestä otetaan näyte koostumusanalyysiä varten.

Eri mineraalit hapettuvat olosuhteista riippuen hieman eri aikaan. Kosteuskammiotulosten tulokinnassa on oleellista yrittää ymmärtää missä vaiheessa koetta mikäkin mineraali hapettuu eli miten alkuaineet vapautuvat näytteenä olleesta materiaalista pitkän ajan kuluessa. Tulosten tulokinnassa hyödynnetään mineralogaa. Esimerkiksi kadmium ja sinkki käyttäytyvät kosteuskammiokotulosten perusteella samalla tavalla. Mineralogiasta tiedetään, että molemmat alkuaineet ovat sitoutuneena pääasiassa sinkkivälkkeeseen eli mineralogia tukee kosteuskammiokotuloksia.

Kosteuskammiokokeen alussa näytteistä vapautuu tyypillisesti korkeita pitoisuuksia hyvin hienon aineksen reagoidessa ja huuhtoutuessa voimakkaasti. Tämä ilmiö nähdään myös näissä kosteuskammiokotuloksissa. Alun korkeiden pitoisuuksien jälkeen pitoisuudet asettuvat vakiintuneemmalle tasolle, kunnes varsinaiset hapettumisreaktiot alkavat.

Kosteuskammiokokeen tuloksista valitaan sopiva jakso edustamaan todellista tilannetta. Sivukivialueelle on läjitetty sekä tuoreita että pidemmälle rapautuneita kiviä, joten tuloksista valitaan pitkä ajanjakso. Sulkemisen jälkeiselle ajalle valitaan tulosjakso yleensä kosteuskammiokokeiden loppupäästä. Usein testausjakson alun tulosten painottaminen johtaa pitoisuuksien konservatiiviseen arvioon, mutta joissakin tapauksissa myös päinvastainen on mahdollista. Kosteuskammiokotuloksista havaitaan, että eri alkuaineet reagoivat hyvin eri tavalla riippuen kivilajista ja näytteestä. Esimerkiksi kuparin ja lyijyn tapauksessa pitoisuudet ovat kasvaneet vasta alun jälkeen.

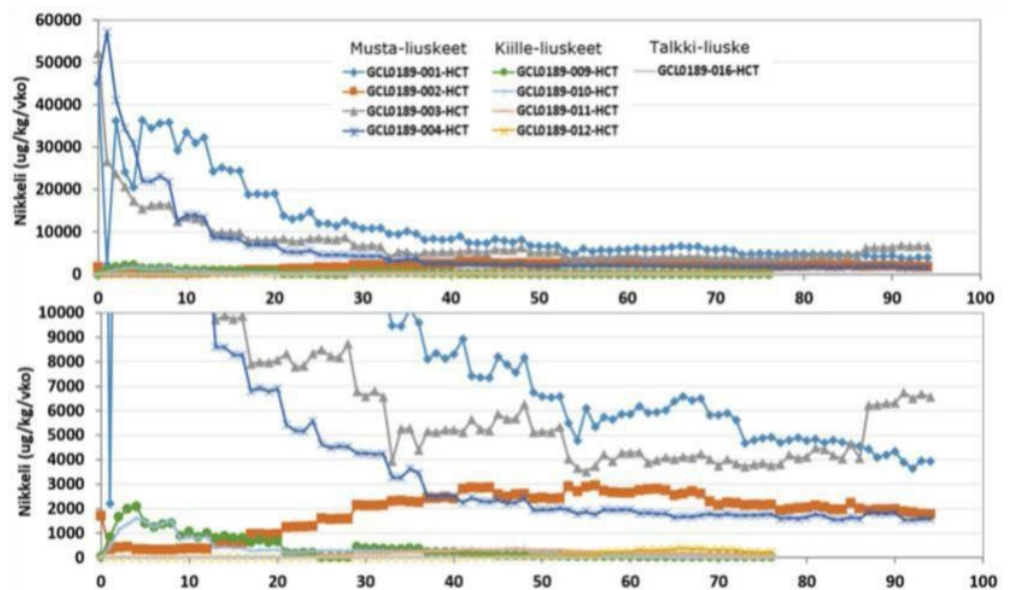
Kiilleliuske- ja talkkiliuskenäytteiden kosteuskammiokokeet lopetettiin viikkoon 76, koska tuloksissa oli nähtävissä kaikki pitkäaikaikäyttäytymisen luotettavasti arvioimiseksi tarvittavat vaiheet. Mustaliuskenäytteiden osalta kokeita jatkettiin, koska osa pitoisuuksista oli vielä kasvusuunnassa ja esimerkiksi nikkelin pitoisuudet olivat yleisellä tasolla nähtävästä tasaantumisesta huolimatta vieläkin korkealla tasolla.

Kaikissa muissa näytteissä paitsi matalarikkisissä kiilleliuskenäytteissä pH on noin 4 tai alle viikosta 10 alkaen. Viikon 95 jälkeen mustaliuskenäytteistä kahden pH on alle 3. Matalarikkisissä kiilleliuskeissa pH laski noin 10 viikon kuluttua neljään ja tasoittui sitten. Kokeen alussa näytteiden viikkoliuosten redox-potentiaali (Eh) oli noin 400–500 mV. Tämän jälkeen redox-potentiaali on ollut pääsääntöisesti nousujohteinen. Kiilleliuskeissa redox-potentiaali tasaantui noin viikkoon 50 mennessä noin

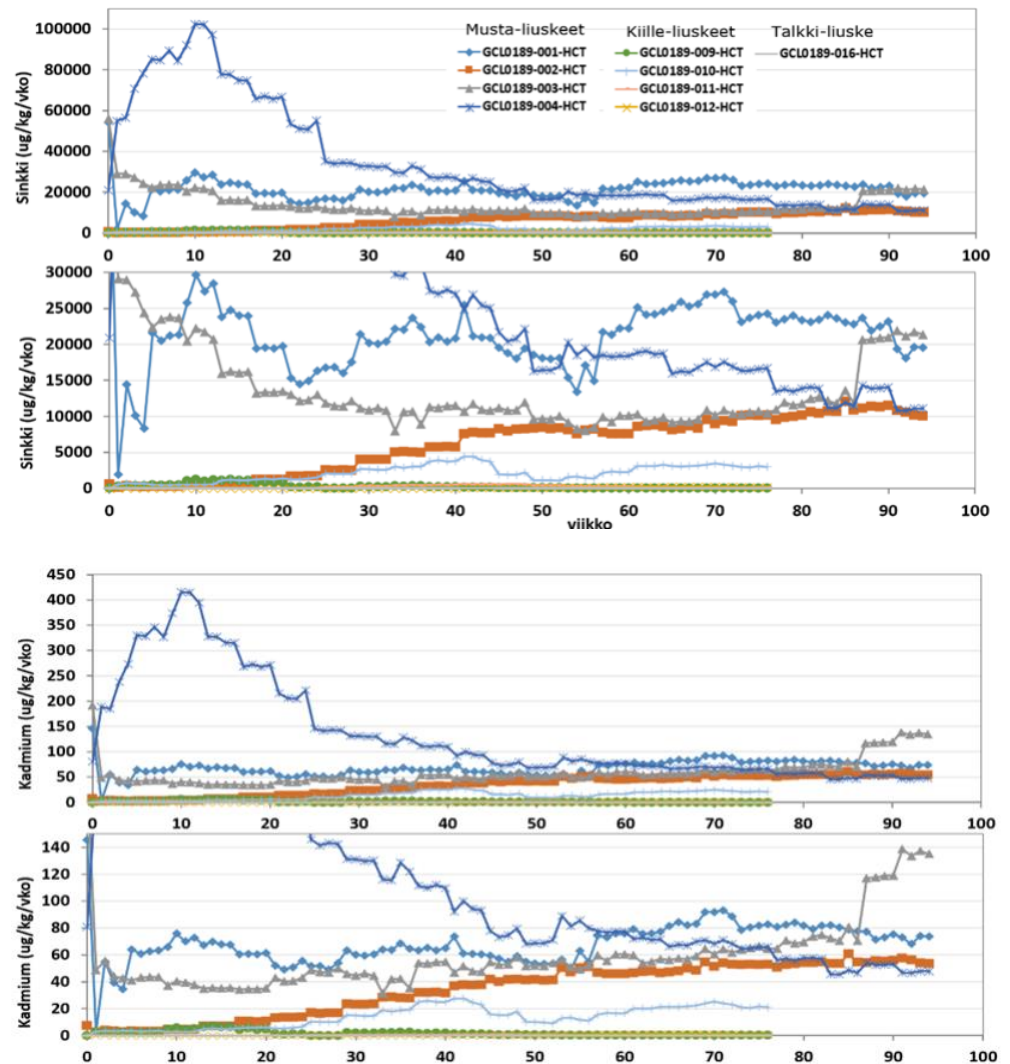
tasolle 700–800 mV. Mustaliuskeissa redox-potentiaali on ollut edelleen lievästi nousujohteinen, noin tasolla 600–700 mV.

Nikkeli on yksi tärkeimmistä potentiaalisesti ympäristölle haitallisista alkuaineista. Seuraavassa kuvassa on esitetty nikkelin pitoisuus kosteuskammiokokkeen viikkoliuoksissa. Mustaliuskenäytteistä yksi (002) käyttäytyy poikkeavasti muihin mustaliuskenäytteisiin verrattuna. Muissa mustaliuskenäytteissä vapautuu runsaasti nikkeliä kokeen alussa, jonka jälkeen nikkelin vapautumisnopeus hidastuu pikkuhiljaa. Mustaliuskenäytteessä 002 ei nähdä alkuhuuhtouman vaikutusta ja nikkelin pitoisuus kasvaa vasta myöhemmillä viikoilla. Näytteen 002 nikkelin kokonaispitoisuus ei ole merkittävästi pienempi kuin muissa mustaliuskenäytteissä, joten hapettumiskäyttäytymisen erojen täytyy johtua joko mineralogiasta tai kivien tekstuurista. Mineralogiassa ei havaita muuta poikkeavaa kuin korkeat grafiitti- ja magneettikiisupitoisuudet. Mustaliuskenäyte 001 edustaa nikkelpitoisuutensa puolesta malmia. Korkearikkisissä kiilleliuskeissa nähdään sama kehitys kuin tyypillisillä mustaliuskeilla, mutta matalammalla tasolla. Nikkelin vapautuminen näytteistä ei noudata mitään selkeää sääntöä.

Nikkelin pitoisuus kosteuskammiokokkeen viikkoliuoksissa on seuraavassa kuvassa (alakuvassa ylemmän kuvan skaala tarkennettuna).



Sinkki ja kadmium ovat myös ympäristövaikutusten kannalta merkittäviä metalleja. Molempien osalta pitoisuudet ovat tasaantumassa alun jälkeen myös mustaliuskenäytteiden osalta:



Mustaliuskenäytteiden osalta kosteuskammiokokeet ovat vielä käynnissä, sillä niistä liukenee vielä merkittävästi haitta-aineita eli tärkeimpien haitta-aineiden lähteenä olevien mineraalien hapetus on vielä käynnissä. Kokeiden lopettamisesta päätetään sitten, kun voidaan todeta, että näytteiden hapettumiskäyttäytyminen on kokeiden tulosten perusteella todennettu kattavasti. Kokeen jälkeen tehtävien näytteen jäännöksen analyysien tulosten perusteella voidaan tarkentaa arviota käynnistyneistä prosesseista sekä arvioida hapettuneiden (rapautuneiden) näytteiden käyttäytymistä erityisesti muodostuneiden sekundäärimineraalien osalta.

Mustaliuskeiden kosteuskammiokokeita aiotaan jatkaa niin kauan kuin kivien rapautumiskäyttäytymisessä havaitaan uusia piirteitä. Tällä hetkellä silikaattien rapautuminen näyttää olevan vielä käynnissä. Tärkeimpien haitta-aineiden kumulatiivinen poistunut määrä viikkoon 105 mennessä laskettiin verrattuna näytteiden kokonaispitoisuuksiin. Tulosten perusteella voidaan todeta, että noin 70 % nikkelistä ja kadmiumista on

poistunut, rikkiä on jäljellä huomattavasti enemmän (noin 10 % poistunut). Potentiaalisesti haitallisimpien aineiden osalta tärkein rapautumisjakso on ohitettu. Poikkeuksena on näyte 2, jossa hiilen kokonaispitoisuus oli 12,1 % eli noin 50 % muita mustaliuskenäytteitä korkeampi. Tässä näytteessä kaikki rapautumisreaktiot käynnistyivät selkeästi muita näytteitä hitaammin. Näiden ominaisuuksien perusteella näyttää epätoennäköiseltä, että rapautumisen loppupäässä (jonne esimerkiksi sivukivialueilla ei tämän hetken suunnitelmien mukaan tulla pääsemään) tulisi tapahtumaan jotain merkittävää potentiaalisten haitta-aineiden päästöissä.

Taulukossa on esitetty mustaliuskenäytteiden nikkelin ja kadmiumin kokonaispitoisuudet sekä rapautumisen kautta viikkoon 105 mennessä poistuneen Ni, Cd, Zn, Cu, Fe ja S määrä (%) verrattuna näytteen kokonaispitoisuuteen:

	Ni _{tot} ppm	Ni _{pois} (%)	Cd _{tot} ppm	Cd _{pois} (%)	Zn _{pois} (%)	Cu _{pois} (%)	Fe _{pois} (%)	S _{pois} (%)
001 malmi	1705	67 %	13	55 %	54 %	24 %	2 %	8 %
002 korkea C-pitoisuus	712	28 %	21	19 %	15 %	0 %	0 %	5 %
003 lopun nousu	1075	75 %	10	74 %	63 %	17 %	4 %	13 %
004 alussa korkea Zn-Cd	838	73 %	15	87 %	80 %	61 %	2 %	14 %

Koska sivukiven pitkäaikaiskäyttäytyminen vaikuttaa muodostuvan suotoveden laatuun, on kosteuskammiokeiden tuloksia hyödynnetty AFRY Finland Oy:n laatimassa suotoveden geokemiallisessa mallintamisessa. Suotoveden geokemiallisen mallinnuksen tulokset on esitetty jäljempänä.

Lausunto pitkäaikaistestauksen tuloksista (hakemuksen täydennys 10.4.2025)

Terrafame Oy on täydentänyt hakemusta 10.4.2025 lausunnolla (AFRY Oy), jossa on tarkasteltu kosteuskammiokeiden jatkamista ja sen hetkisiä tuloksia. Lausunnon olennainen sisältö on koottu alle.

Yleistä

Terrafamen kosteuskammiokeet on käynnistetty loppuvuodesta 2021. Vuonna 2022 tuloksia ei ollut vielä merkittävästi saatavilla, mutta vuoden 2024 lopussa jätetty koko toiminnan sulkemissuunnitelma perustuu pitkäaikaistestauksen osalta kosteuskammiokeiden 95 viikon tuloksiin. Kiilleliuskeiden ja talkkiliuskenäytteen osalta kokeet keskeytettiin viikolla 76, koska katsottiin että näiden kivien hapettumiskäyttäytymisen tärkeimmät piirteet on kokeessa havaittu. Mustaliuskeiden kokeita jatkettiin siihen mennessä saatavilla olevien tulosten perusteella. Tällä hetkellä tuloksia on saatavilla mustaliuskeille viikkoon 154 tai 162 asti. Viikkoon 162 asti on saatavilla kosteuskammiokeelaboratorion itse tekemiä analyyskejä ja viikkoon 154 ulkoisessa laboratoriossa tehtäviä analyyskejä.

Kosteuskammiokokeiden tuloksia käytetään oleellisena lähtötietona erilaisissa geokemiallisissa vedenlaadunmallinnuksissa (esim. sivukivialueet, louhosjärvet). Geokemialliset vedenlaadun mallinnukset puolestaan toimivat lähtötietona muille mallinnoille, esim. vesi- ja kuormatase sekä vesistövaikutukset, ja ympäristösuunnittelulle laajemmin. Geokemiallisen mallinnuksen avulla arvioitavaa toimintaa parhaiten kuvaavan kosteuskammiokokeen tuloksien viikkojakson valinta on eräs mallinnuksen tärkeimmistä lähtötiedoista. Terrafamen sivukivialueiden osalta kosteuskammiokokeiden viimeisimmät tulokset eivät kuitenkaan ole olennaisia, koska sivukivien hapettumishistoria on niin lyhyt, että kivien hapettuminen ei ehdi edetä ajanjaksolle, jota kosteuskammiokokeen loppupään tulos edustaa (viikosta 95 eteenpäin). Erityisesti tämä pätee sivukivialueelle KL1, jossa läjityksen ja peittämisen välinen aika minimoidaan käyttämällä jo toiminnan aikana alkavaa vaiheittaista sulkemista. Toiminnan päättymisen jälkeen muodostuvan Kuusilammen louhosjärven pitkän ajan kehityksen osalta kosteuskammiokokeesta hyödynnetään todennäköisesti erityisesti kokeen loppuvaiheen tuloksia.

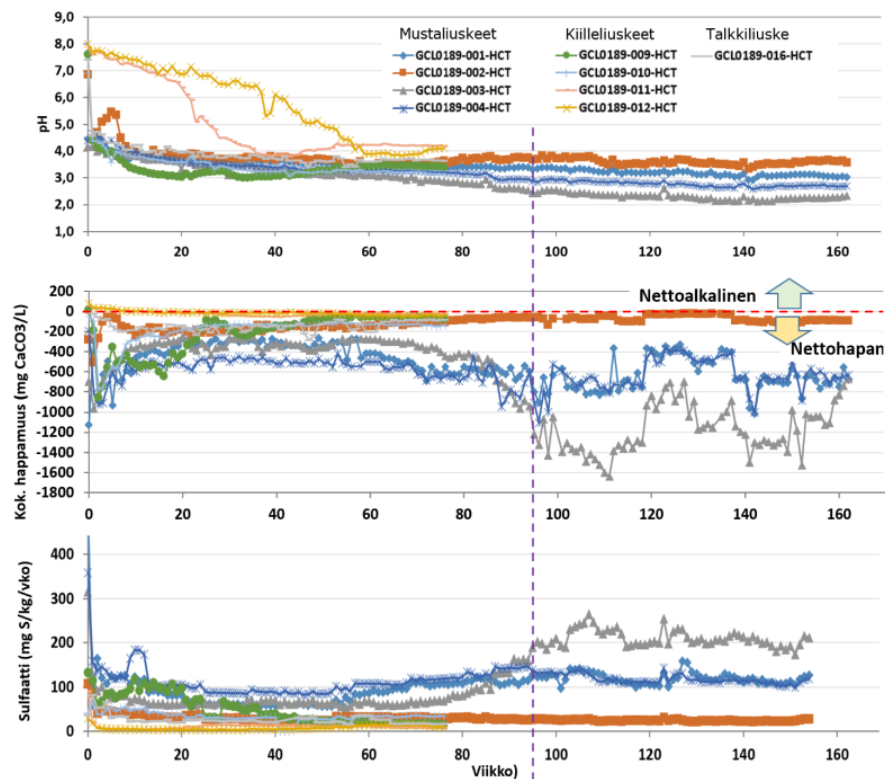
Kosteuskammiokokeessa tutkittavan aineksen hapettuminen tapahtuu huomattavasti nopeutetusti verrattuna olosuhteisiin esim. kaivosalueella. Tämä on seurausta laboratoriokokeessa käytettävän näytteen pienemmästä raakoosta (eli suurempi reaktiopinta-ala), korkeammasta lämpötilasta (n. 25 °C, hapettumisreaktiot tapahtuvat nopeammin kuin kenttäolosuhteissa) ja tehostetusta hapetus/huuhtelu -dynamikasta (nopeampi pakotettu virtaus). Kosteuskammiokokeessa kivet siis hapettuvat nopeasti. Lisäksi reaktiiviset kivet tyypillisesti hapettuvat nopeutetusti verrattuna hitaammin reagoiviin kiviin. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi reaktiivisessa kivessä luonnossa noin 20 vuoden aikana tapahtuva hapettumiskäyttäytyminen voi tapahtua kosteuskammiokokeessa 50 viikossa kun hitaammin reagoivassa kivessä vastaavat muutokset voidaan havaita vasta 80 viikon kuluttua. Reaktiivisissa kivissä, kuten mustaliuskeet, hapettumiskäyttäytymisen koko elinkaari nähdään siis verrattain nopeasti. Kokeita jatketaan, kunnes joko koe on vakiintunut tai mineralogian perusteella ei ole olettavissa enää merkittävää sulfidien tai muun hapettuvan aineksen reagointia.

Sivukivialueiden sulkemisen jälkeisen tilan arvioinnissa geokemiallisen mallinnuksen avulla mustaliuskeissa viikon 95 jälkeen tapahtuvan käyttäytymisen ei arvioida vaikuttavan mallinnustulokseen, sillä tiiviin peittorakenteen vuoksi on epätodennäköistä, että läjitys kokonaisuudessaan edustaisi vastaavaa tilannetta edes erittäin pitkän ajan kuluessa. Epävarmuus koskee siten lähinnä Kuusilammen louhosjärven vedenlaadun kehitystä pitkällä aikavälillä. Kuten myöhemmin tuloksista nähdään, tärkeimpien haitta-aineiden (Zn, Cd, Ni) pitoisuudet pienenisivät, mikäli mukaan otettaisiin viikon 95 jälkeisiä tuloksia. Rikin pitoisuus sen sijaan kasvaisi. Tärkein kosteuskammiokokeen tulosten käyttöön liittyvä epävarmuus liittyy siis rikin pitoisuuteen Kuusilammen louhosjärven vedessä.

Mustaliuskeiden kosteuskammiokokeiden tulokset viikoilla 0–162

Seuraavassa kuvassa esitetään kiviäytteiden yleistä kemiallista kehitystä kuvaavia parametreja (pH, kokonaishappamuus CaCO_3 :na sekä sulfaatin muodostumisnopeus mg/kg/viikko). Sulfaattia käytetään suoraan lähtötietona geokemiallisessa mallinnuksessa. Viikosta 95 viikkoon 162 mustaliuskeiden pH:ssa on ollut pieniä muutoksia ja loiva laskusuunta, mutta jakson aikana ei ole tapahtunut merkittävää muutosta. Kunkin näytteen kontaktiveden pH on asettunut omalle tasolle. Vähiten reaktiivisessa näytteessä (002) pH on tällä hetkellä 3,6 ja reaktiivisimmassa näytteessä (003) 2,3. Malminkaltaisen näytteen (näyte 001) pH on 3,0. Kokonaishappamuus on viikolla 162 samankaltainen kuin viikolla 95, mutta näiden viikkojen välissä on tapahtunut suuremman nettohappamuuden jakso. Sulfaatin muodostumisen nopeutumisen selittää hyvin kiteytyneen pyriitin hapettuminen. Kosteuskammiokokeessa olosuhteet pääsevät kehittymään hyvinkin radikaaleiksi verrattuna moiniin luonnollisiin ympäristöihin eli tulokset ovat tässä suhteessa konservatiivisia.

Kosteuskammiokokeiden tulosten perusteella on selvää, että tärkeimmät ympäristölle potentiaalisesti haitallisimpia aineita (Ni, Cd, Zn) sisältävät mineraalit hapettuvat pääsääntöisesti kokeen alussa ja tässä vaiheessa metalleista poistuu suurin osa verrattuna kokonaispitoisuuksiin (poikkeuksena näyte 002). Rikistä sen sijaan on viikkoon 95 mennessä poistunut vain pieni osa.

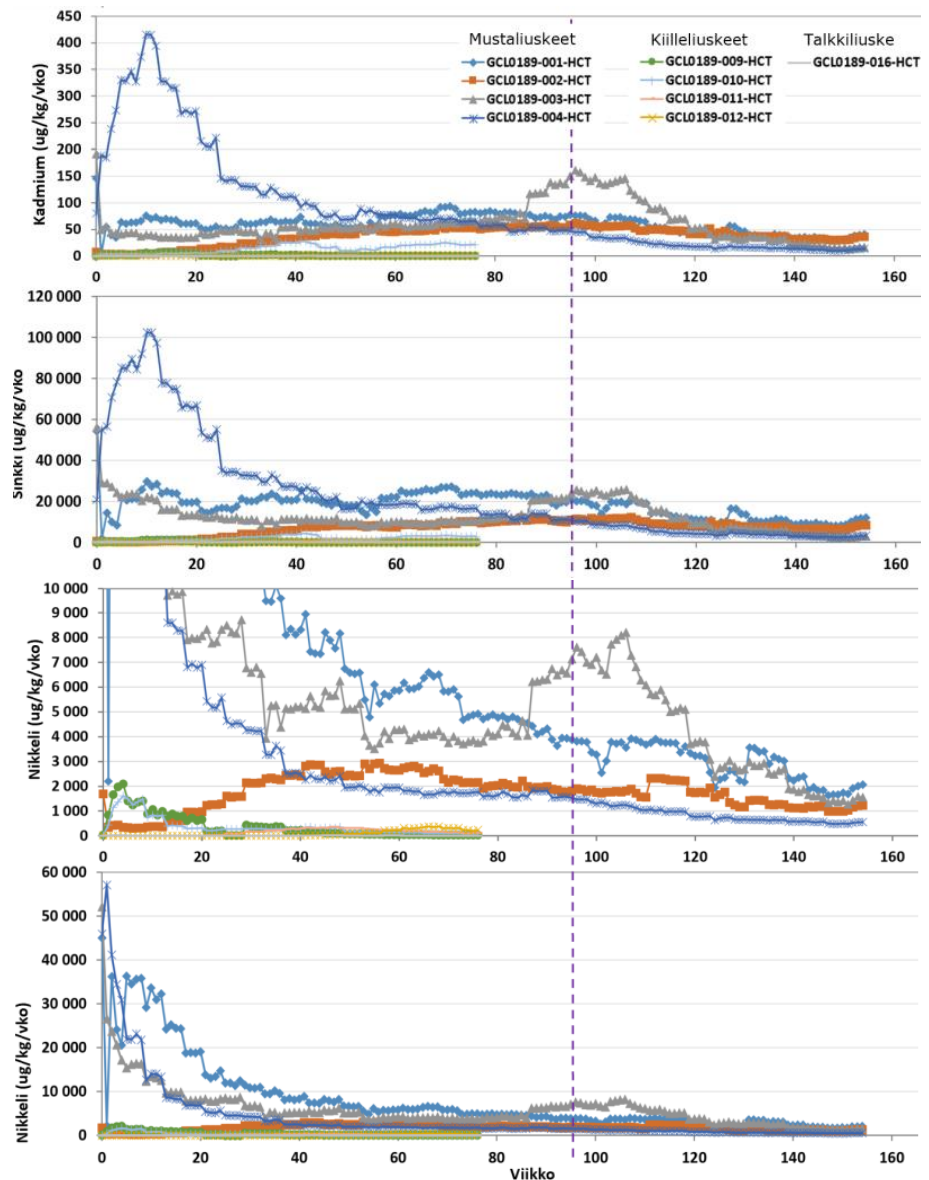


Mustaliuskeissa rautaa vapautuu noin samalla trendillä kuin sulfaattia, poikkeuksena malminkaltainen näyte 001, josta rautaa vapautuu suhteessa vähemmän. Myös piin vapautuminen saavuttaa huipun viikon

105 paikkeilla (näytteet 001, 003 ja 004), jonka jälkeen vapautuminen on hidastunut ja tasoittunut. Kosteuskammiokokeessa vapautuminen on näiden kaikkien alkuaineiden osalta tällä hetkellä suuruusluokaltaan 30 mg/kg/viikko eli 0,003 %. Tulos osoittaa, että kiven päämineraalien rapautuminen on alkanut, mutta massan poistuminen ei sinänsä ole absoluuttisesti suurta. Kosteuskammiokokeen tuloksesta ei suoraan voi päätellä massahävikkiä todellisessa tilanteessa, mutta suuruusluokaltaan esimerkiksi sivukiviläjityksessä massan vapautumisen määrä on sadasosa (1/100) siitä, mitä se on kosteuskammiokokeessa laboratorioolosuhteissa.

Seuraavassa kuvassa tarkastellaan ympäristön kannalta potentiaalisesti haitallisimpien alkuaineiden (Cd, Zn ja Ni) vapautumista kosteuskammiokokeen viikkoliuoksissa. Sinkin ja kadmiumin vapautuminen on erittäin nopeaa alussa näytteessä 004 (Zn maksimissaan noin 100 mg/kg/vko ja Cd 0,4 mg/kg/vko). Viikon 40 jälkeen vapautuminen on maksimissaankin noin neljäsosa huipun tasosta. Sinkkiä vapautuu absoluuttisesti suurempi määrä kuin nikkeliä, mutta ympäristön kuormituksen kannalta se ei ole nikkeliä merkittävämpi. Sinkin ja kadmiumin kehitykset seurailevat toisiaan, selkeänä poikkeuksena kadmiumia vapautuu näytteestä 003 verrattain paljon viikkojen 85–115 aikana. Kadmium on tyypillisesti sitoutunut sinkkivälkkeeseen, joten tämän mineraalin rapautuminen selittää kummankin alkuaineen vapautumista. Sinkin ja kadmiumin vapautuminen on kääntynyt jatkuvaan laskusuuntaan noin viikolla 100. Mikäli jaksosta otettaisiin mallinnuksessa käytettyjä jaksoja pidempi jakso, pitoisuudet pienenisivät. Näytteissä 001 ja 004 vapautuminen on selkeästi alhaisemmalla tasolla viikon 95 jälkeen kuin sitä ennen.

Nikkelin vapautumisen kehitys esitetään alimmassa kuvaajassa kokonaisuudessaan ja tämän yläpuolella esitetään kuvasta tarkennus, jotta alun hyvin korkeat luvut eivät häitää kehityksen tarkempaa tarkastelua myöhemmällä jaksolla. Viikon 40 jälkeen nikkelin vapautumisella on ollut selkeä laskeva muutossuunta kaikissa muissa näytteissä paitsi näytteessä 003. Näytteessä 003 laskevasta muutossuunnasta poikkeaa ylläkin mainittu noin viikkojen 80–120 jakso. Mallinnuksen lähtötiedoissa käytettyä jaksoa pidemmän jakson valinta johtaisi nikkelin pitoisuuksien pienenemiseen.

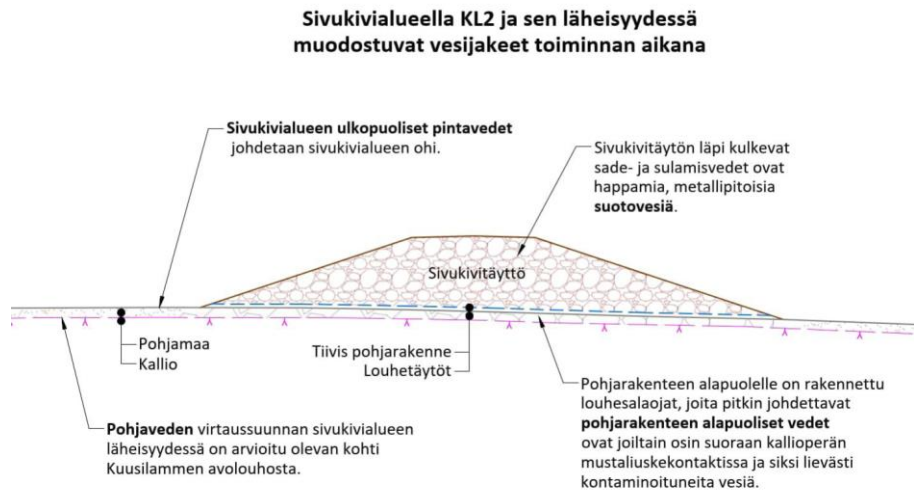


Pitkäaikaistestaustulosten käyttö geokemiallisissa mallinnoissa

KL2-sivukivialueen mallinnus (AFRY Finland 2023) valmistui vuoden 2023 aikana. Mallinnus tehtiin alun perin käyttäen kosteuskammiokokeen viikkojaksoa 0–24. Mallinnuksen päivitysvaiheessa tuloksia oli saatavilla viikkoon 76 asti. Mallinnusraportissa on tarkastelu, miten syöteen päivitys vaikuttaisi tuloksiin. Tärkeimpien haitta-aineiden (Cd, Zn ja Ni) osalta pitoisuudet suotovedessä pienenisivät (eli mallin tulos on konservatiivinen), rikin osalta muutos olisi jonkun verran vapautumista lisäävä mustaliuskeissa ja vapautumista pienentävä kiilleliuskeissa. Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että lyhyemmän ajan tulos tuottaa konservatiivisen arvion vedenlaadusta. Näihin huomioihin perustuen voidaan todeta, että mallinnoissa on käytetty kosteuskammiokokeiden tuloksia asianmukaisesti.

Sivukivialueen pohjarakenteet ja nykytilanteen vesien johtaminen

Sivukivialueen pohjarakenne on rakennettu maanpintaa myötäileväksi. Alueella sijaitseville pehmeiköille on tehty massanvaihdot moreeniin tai kallioon saakka. Massanvaihto on tehty louheesta ja myös pohjanta-sauksen täytöt on tehty louheesta. Louhepenger on kiilattu kalliomurs-keella. Periaatekuva nykytilanteessa sivukivialueella ja sen läheisyy-dessä muodostuvista vesijakeista on esitetty seuraavassa kuvassa.

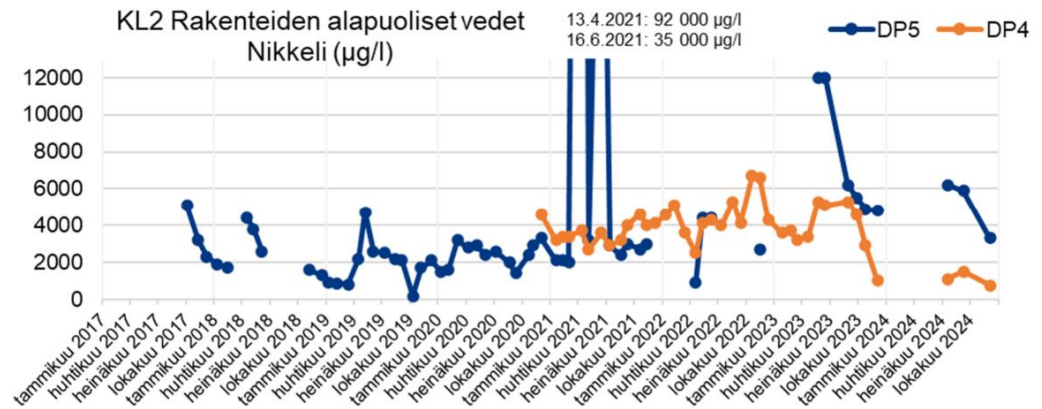


Pohjarakenteen alapuolinen kuivatus

Sivukivialueen tiiviin pohjarakenteen alapuolelle on rakennettu louhesalaojat, joilla estetään pohjaveden nousu pohjarakenteen tiivistyskerrosta vasten. Kuivatusuomista tiiviin pohjarakenteen alapuoliset vedet johdetaan nykykäytännöin pumppauskaivojen kautta suotovesialtaiden kautta käsiteltäväksi. Pohjarakenteiden alapuolisten vesien laatua on seurattu DP5-altaisiin johdettavien vesien osalta lokakuusta 2017 alkaen ja DP4-altaaseen johdettavien vesien osalta joulukuusta 2020 alkaen.

Pohjarakenteiden alapuolisissa vesissä on havaittavissa kohonneita metallipitoisuuksia erityisesti nikkelin osalta johtuen alueen luontaisesta mineralogiasta eli mustaliuskeen vaikutuksesta. Vuonna 2024 nikkelpitoisuus altaaseen DP5 tulevien, tiiviin pohjarakenteen alapuolisten vesien osalta oli vaihteluvälillä 6 200–3 300 µg/l. Altaaseen DP4 tulevien pohjarakenteen alapuolisten vesien nikkelpitoisuuden vaihteluväli vuonna 2024 oli 760–1 500 µg/l. Terrafamen omassa ympäristöseurannassa rakenteen alapuolisten vesien pumppauskaivojen on havaittu olevan usein kuivia.

Sivukivialueen KL2 pohjarakenteiden alapuolisten vesien nikkelpitoisuudet vuosina 2017–2024 ovat seuraavassa kuvassa (Terrafame Oy:n ympäristövuosiraportti 2024).



Sivukivialueella KL2 on useita suojarumpauspisteitä sekä lohkojen salaojasuojarumpauskaivoja, joihin kerätään tiiviin pohjarakenteen alapuolisia metallipitoisia vesiä. Suojarumpauksista tulevat vedet ohjataan DP4- ja DP5-altaille ja niiden laatua seurataan säännöllisesti. Suojarumpauksen tarkkaa vaikutusta pohjavedenpinnan korkeuksiin ei ole arvioitu. Suojarumpauskaivot ovat kohtalaisen matalia, eli niillä ei todennäköisesti ole merkittävää vaikutusta pohjavedenpinnan korkeuteen ottaen huomioon myös Kuusilammen louhoksen kuivatusvyöhykkeen vaikutuksen.

Toteutettu pohjarakenne

Sivukivialueen pohjarakenteen tiivistyskerroksen keinotekoisena eristeenä on käytetty 1,5 mm tai 2 mm HDPE-kalvoa, jonka alapuolella mineraalisena eristeenä on käytetty bentoniittimattoa. Bentoniittimaton alle on rakennettu tarvittaessa suojakerros kalliomurskeesta (0/16 mm). Edempänä tämän kertoelmaosan kohdassa ”Toimintaa koskevat ollenaiset luvat” on kuvattu sivukivialueen KL2 pohjarakenteita koskevia lupapäätöksiä, joiden perusteella rakenteita on sivukivialueen rakentamisen edetessä muutettu.

HDPE-kalvon päällä on suojageotekstiili (400 g/m² tai 1200 g/m²) ja sen päällä ensin suojakerros malmimurskeesta (1. lohko) tai kiilleliuskeesta (lohkot 2–5) (0/12 mm) ja tämän päällä suojakerros sivukivistä (0/200 mm). Raskaiden kuormien takia sivukivialueen pohjarakenne on suojattu 1,5 m paksuisella louheesta tehdyllä suojatäytöllä ennen varsinaista läjitystä.

Sivukivialueen tiivis pohjarakenne on muotoiltu joka puolelta kaltevaksi siten, että pohjarakenteen yläpuolelle kertyvät suotovedet ohjautuvat kanaaleja pitkin altaisiin DP4 ja DP5. Allas DP4 sijoittuu sivukivialueen itäpuolelle ja allas DP5 sivukivialueen eteläpäähän.

Altaat ovat maa- ja kalliopohjaisia altaita, joihin on rakennettu tiivisrakenteet HDPE-kalvoista ja bentoniittimattosta. HDPE-kalvojen väliin on rakennettu kuivatuskerros kiviaineksesta tai salaojamatosta.

Suotovesien johtaminen nykytilanteessa

Terrafamen ympäristölupapäätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 13 mukaisesti sivukivialueen KL2 altaisiin DP4 ja DP5 kerättävät happamat ja metallipitoiset suotovedet on johdettava liuoskiertoon aina, kun se on liuoskierron ympäristöturvallisuuden kannalta mahdollista. Tilanteissa, joissa vesiä ei voida palauttaa liuoskiertoon, ne johdetaan pumpppaamalla käsiteltäväksi keskuspuhdistamolle.

Muutos KL2-jätealueen vesien keräämisessä ja johtamisessa

Vesienkeräilyä sivukivialueella on tehostettu siten, että sivukivialueen suotovedet erotetaan pumpppaamalla muista alueen vähemmän metalleja sisältävistä keruuvesistä jo ennen niiden päätymistä DP4- ja DP5-altaille. Pumpppaamot on rakennettu suotovesikanaalien viereen.

Muutoksella tavoitellaan sitä, että sivukivialueiden suotovesi voitaisiin johtaa mahdollisimman väkevänä liuoskiertoon. Vastaavasti tällöin alueen ympäristöstä pumpattavat vedet voidaan johtaa erikseen vesienkäsittelyyn. Tämä järjestely toimii siten, että sivukivialueen suotovedet voidaan erotella ja varastoida altaissa erillään ympäristövesistä, jotka ovat pääasiassa suoja- ja salaojapumppausvesiä sekä tiivisrakenteen alapuolisia salaojavesiä. Käytännössä KL2 alueella vesienkäsittelyn tehostaminen tarkoittaa, että metallipitoiset suotovedet kerätään DP4-altaaseen ja ympäristövedet DP5-altaaseen.

DP4-allasta käytetään ensisijaisesti väkevien suotovesien puskurivarastona. DP4-altaaseen voidaan johtaa myös DP5-altaaseen kulkeutuvat suotovedet. DP5-allasta käytetään laimeampien ympäristövesien puskurina. DP5-altaaseen kerätty ympäristövedet johdetaan DP0/keskusvedenpuhdistamolle tai loppuneutralointiin.

Vesien johtaminen käsittelyyn

Suotovesi johdetaan aina ensisijaisesti liuoskiertoon lupamääräyksen 13 mukaisesti ja näin toimien suotovesi saadaan kiertoon väkevänä (ei laimentuneena). Silloin kun vettä ei voida johtaa tuotantoon liuoskierron kokonaistilavuuden vuoksi, vedet johdetaan vesienkäsittelyyn joko keskusvedenpuhdistamolle tai metallien talteenoton loppuneutraloinnin käsittely-yksiköille. Sivukivialueiden suotovesien johtaminen liuoskiertoon voi estyä korkean sadannan takia, koska myös liuostase kasvaa myös sadannan myötä. Myös useampi peräkkäinen sateinen vuosi rajoittaa suotovesien ohjaamista liuoskiertoon. Tässä tapauksessa suotovedet ohjataan loppuneutralointiin tai täsmäajolla puhdistamon kautta tasausaltaalle 1 tai 2. Arvioidun mukaan korkean sadannan vuosina (yli 850 mm) voidaan johtaa liuoskiertoon maksimissaan 20–30 % ja loput neutraloidaan. 10 vuoden ajanjaksolle jaettuna tilanne toistuu keskimäärin joka kolmas vuosi.

Sivukivialueen ulkopuolelle on rakennettu matalat reunapenkereet, joilla estetään ulkopuolisten pintavesien pääsy sivukivialueelle. Ulkopuolisten

Suotovesien määrä ja laatu

Sulfidipitoinen sivukivi reagoi hapen ja veden kanssa muodostaen rikkihappoa, jonka vaikutuksesta sivukivestä liukenee veteen metalleja. Sivukivialueelta tulevat suotovedet kerätään edellä olevan kuvauksen mukaisesti.

Altaista eteenpäin johdettujen vesien kokonaismäärä on vuonna 2022 ollut yhteensä noin 500 000 m³ vuodessa. Mukana määrässä on myös muita kuin sivukivialueen KL2 suotovesiä. Sivukivialueen suotovesiä johdettiin vuonna 2022 prosessikiertoon noin 145 000 m³. Vuoden 2023 aikana liuoskiertoon johdettiin sivukivialueen suotovesiä 387 125 m³.

Sivukivialueen suotovedet kerätään DP4- ja tilanteen mukaan myös DP5-altaaseen. DP5 suotoveden määrä saadaan kanaalipumppausten virtausmittarista. DP4-altaaseen johdetaan sinne sivukivialueen valuma-alueelta tulevien suotovesien lisäksi myös muita vesiä, jotka sekoittuvat keskenään. Tämän vuoksi juuri DP4-altaalle sivukivialueen valuma-alueelta kertyvien suotovesien määrää on vaikea arvioida. Suotovesien määrä voidaan kuitenkin arvioida laskennallisesti vertaamalla DP4- ja DP5-valuma-aluiden sivukivikasojen pinta-aloja.

Sivukivialueelle KL2 vesiä ympärysvedet mukaan lukien on kertynyt vuonna 2023 yhteensä n. 2,8 Mm³, josta suotovesiä DP5-alueelta n. 300 000 m³ ja DP4-alueelta n. 900 000 m³ eli yhteensä n. 1 200 000 m³. Muita käsittelyä ja pumppausta vaativia vesiä KL2-alueella on vuonna 2023 muodostunut siis noin 1,6 Mm³. Vuonna 2024 DP5-altaasta on johdettu suotovesiä liuoskiertoon 46 686 m³ ja vesienkäsittelyyn (loppu-neutralointiprosessiin ja keskusvedenpuhdistamolle) 759 003 m³, ja DP4-altaasta liuoskiertoon 53 469 m³ ja käsittelyyn 732 490 m³, eli suotovesiä on yhteensä muodostunut noin 1,6 Mm³.

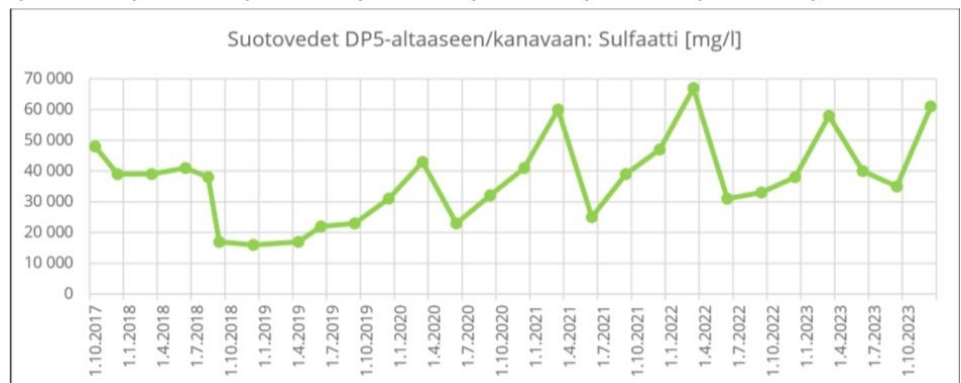
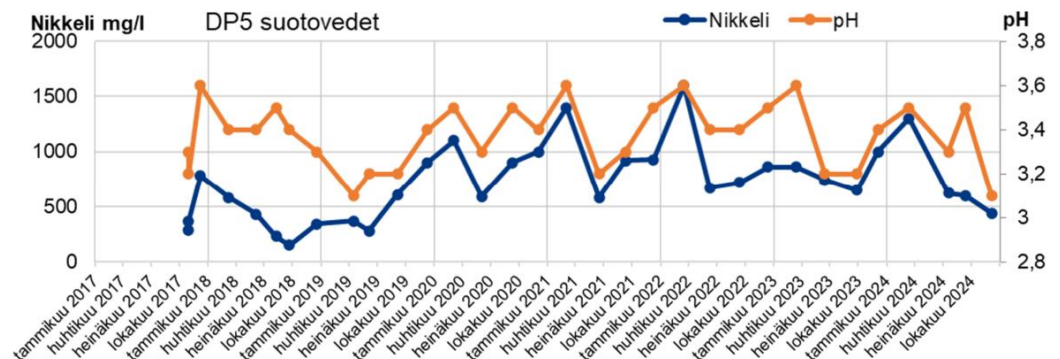
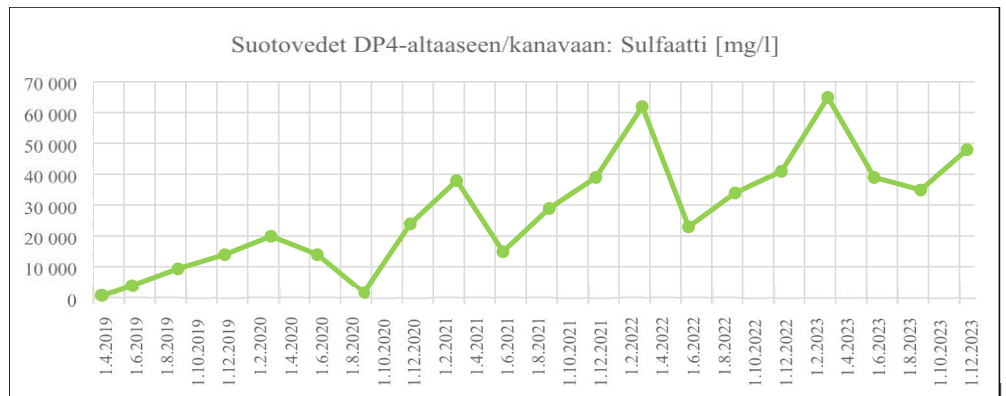
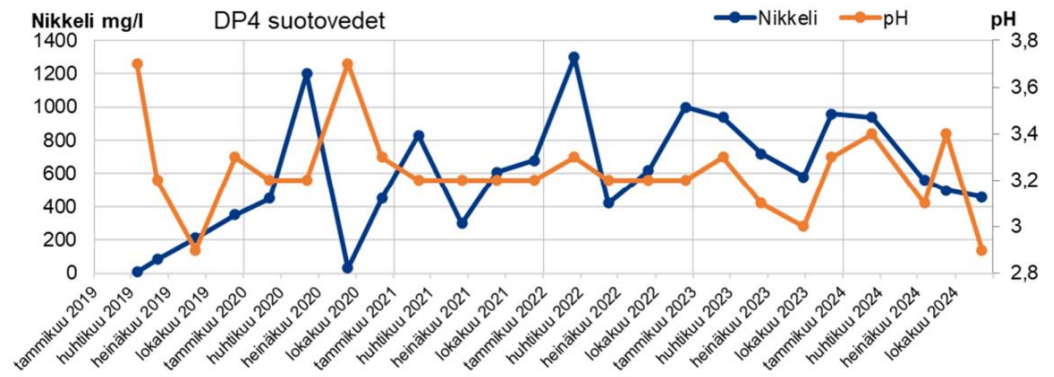
Sivukivialueen KL2 suotoveden laatua on seurattu altaaseen DP5 johdettavista suotovesistä lokakuusta 2017 alkaen ja altaaseen DP4 johdettavista suotovesistä huhtikuusta 2019 alkaen. Suotoveden laatua seurataan viikoittain yhtiön omassa laboratoriossa, minkä lisäksi ulkopuolinen näytteenottaja ottaa suotovedestä näytteet neljä kertaa vuodessa (maalis-, kesä-, syys- ja joulukuussa). Lohkojen 1–2 suotovedet on 11.6.2021 alkaen pääasiassa johdettu kanaalipumppausten avulla liuoskiertoon altaan DP5 sijaan.

Sivukivialueen KL2 suotovesissä on havaittu kohonneita pitoisuuksia erityisesti alumiinin, kadmiumin, mangaanin, nikkelin, raudan, sinkin ja sulfaatin osalta. Varsinkin nikkelpitoisuudet ovat olleet suotovedessä korkeita. Suotovesi on hapanta ja sen pH on vaihdellut 2,9...3,7 välillä. Vuonna 2024 altaaseen DP5 johdetun suotoveden pH vaihteli välillä 3,1–3,5 ja nikkelpitoisuus välillä 440–1300 mg/l. Tulokset vaihtelivat pääosin samalla vaihteluvälillä kuin vuosina 2017–2023. Altaan DP4 suotoveden pH vaihteli vuonna 2024 välillä 2,9–3,4 ja nikkelpitoisuus 460–940 mg/l.

Taulukossa alla on esitetty suotovesien keskimääräisiä pitoisuuksia merkittävimpien parametrien perusteella vuosien 2017–2024 väliltä.

	näyte- määrä kpl	Al mg/l	Hg µg/l	Cd, liuk. µg/l	Kiinto- aine mg/l	Co mg/l	Cu mg/l	Pb µg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	pH	Fe mg/l	Zn mg/l	SO ₄ mg/l	Sähkön- joht. mS/m	N mg/l	U µg/l
KL2, suotovedet DP5-altaaseen																	
ka 2017	3	1 040	<0,1	3 533	42	17	13,9	15	1 313	480	3,4	1 777	970	42 333	1 433	16	3 767
ka 2018	5	572	<0,1	3 780	154	12	2,0	22	1 014	346	3,4	1 604	994	30 200	1 280	10	3 300
ka 2019	4	2 501	<0,1	8 000	178	14	5,22	24	2 238	540	3,2	1 848	1 775	23 250	1 925	5,0	6 325
ka 2020	4	1 228	<0,1	8 975	114	16	0,64	30	4 325	898	3,4	2 350	3 100	34 775	2 325	2,4	12 725
ka 2021	4	1 760	<0,1	9 925	29	16	0,22	21	4 650	958	3,4	2 300	3 050	42 750	2 625	2,3	16 450
ka 2022	4	2 325	<0,1	4 451	39	13	0,25	14	4 200	963	3,0	2 800	3 825	42 250	2 525	1,0	18 250
ka 2023	4	2 350	0,24	6 125	321	10	0,46	11	3 625	813	3,3	2 400	3 325	48 500	2 775	1,0	18 750
ka 2024	4	2 275	0,14	3 125	38	8	0,52	10	3 325	740	3,0	2 500	3 125	40 500	2 250	18	17 250
KL2, suotovedet DP4-altaaseen																	
ka 2019	4	189	<0,1	3 348	22	5	3,2	18	924	163	3,3	167	618	7 020	765	15	2 850
ka 2020	4	1 003	<0,1	8 875	38	15	37,5	37	3 095	533	3,4	520	2 590	14 915	1 205	8,4	12 190
ka 2021	4	1 620	<0,1	15 700	30	14	24,8	5,3	3 550	605	3,2	650	2 550	30 250	2 050	8,3	14 300
ka 2022	4	2 775	<0,1	14 400	20	19	31,8	6	4 275	835	3,0	1 105	4 150	40 000	2 375	6,0	21 000
ka 2023	4	2 575	0,29	15 075	174	17	12	6	3 975	800	3,2	1 228	3 625	46 750	2 800	5,0	20 250
ka 2024	4	2 125	0,25	6 750	82	13	10	5	3 250	615	3,0	1 168	2 925	40 500	2 275	2,0	17 250

Seuraavissa kuvissa on esitetty suotoiveden pH:n sekä nikkelin ja sulfaatin pitoisuuksien vaihtelut altaissa DP4 ja DP5.



Sivukivessä olevien sulfidimineraalien hapettumisnopeus vaikuttaa eri metallipitoisuuksien huuhtoumahuippujen ajoittumiseen. Näyteanalyysien perusteella sivukivessä esiintyvistä sulfidimineraaleista erityisesti magneettikiisun hapetus on käynnistynyt ensimmäisten vuosien aikana. DP5-kanaaliin tulee suotovesiä ensimmäisinä täytetyiltä sivukivialueilta ja siinä voidaan nähdä merkkejä metallipitoisuuksien kasvun tasoittumisesta. Rikkikiisun hapettuminen alkaa magneettikiisun hapettumisen jälkeen ja sen hapettuminen tapahtuu merkittävästi hitaammin kuin magneettikiisun, mutta myös pitkäkestoisemmin.

TEHDYT KOERAKENTEET JA PEITTORAKENTEISIIN LIITTYVÄ KOETOIMINTA

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kuvaavan BAT-asiakirjan (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries) päätelmän 38 mukaisesti ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja sellaisen jätteen, josta voi liueta haitallisia aineita, kuivapeittokerrosten tulee koostua useista toiminnallisista kerroksista, jotka rajoittavat hapen virtauksen ja veden suotautumisen jätteenseen. Peittorakenteen suunnittelun tulee aina perustua kokonaisvaltaiseen ja kohdekohtaiseen ympäristöriskien ja vaikutusten arviointiin. Oleellisena osana läpäisemättömien peittokerrosten rakentamisessa on niiden monitorointi ja seuranta myös toiminnan loppumisen jälkeen. BAT-asiakirjan tavoitteen saavuttamiseksi kaivoksella halutaan testata erilaisia menetelmiä sivukivialueen peittämisessä, jotta niistä voidaan valita lopulliseen tiivistys- ja maisemointirakenteeseen sopivimmat ratkaisut. Koetoiminnan aikana toteutetun rakenteen mahdollisesti aiheuttamia muutoksia sivukivialueen ympäristövaikutuksiin tarkkaillaan alueen suotovesistä sekä peittorakenteen pysyvyyden pitkäaikaisseurannalla. Erilaisten koerakenteiden ympäristövaikutuksia verrataan toisiinsa lopullisen sulkurakenteen rakentamisessa käytettävän parhaan käyttökelpoisen tekniikan määrittämiseksi.

Seuraavassa taulukossa ovat tiedot sivukivialueen sulkemiseen liittyvistä koetoimintapäätöksistä.

Päätösnumero	Asia	Päätöksen antamispäivä
113/11/1	Talvivaaran kaivoksen sulkemissuunnitelmaa koskevan päätöksen 74/09/1 lupamääräyksessä 1 annetun määräajan pidentäminen	18.11.2011
129/2016/1	Koetoimintailmoitus koskien kipsisakka-aldien pintarakenteita	16.9.2016
89/2018/1	Sivukivialueiden peitterakenteiden koetoiminta	26.9.2018
117/2020	Koetoimintailmoitus geopolymeerin käyttämisestä sivukivialueen pintarakenteessa	24.9.2020
149/2021	Koetoimintailmoitus sulkemisen peiterakennekokeista	9.9.2021

Seuraavassa taulukossa on esitetty koerakenteissa käytetyt rakennekerrokset. Taulukossa ei ole esitetty joka koerakenteen kohdalla esimerkiksi mahdollisia suojakerroksia.

Sekundäärikasan koerakenteet (v. 2012)	
Koerakenne	Rakennekerrokset (alhaalta ylöspäin)
VE1	HDPE-kitkakalvo + salaojamatto + pintakerros 500 mm
VE2	bentoniittimatto + salaojamatto + pintakerros 500 mm
VE3	turvekerros 500 mm + pintakerros 300 mm
VE4	tiivistetty turvekerros 500 mm + kuivatuskerros murskeesta 250 mm + pintakerros 300 mm
Kipsisakka-altaan koealueet (v. 2016)	
Koerakenne	Rakennekerrokset (alhaalta ylöspäin)
VE1A	bentoniittimatto + turvekerros 500 mm
VE1B	bentoniittimatto + sekamoreeni 500 mm
VE2A	kuivattu turvekerros 300 mm + kuivatuskerros 250 mm + turvekerros 500 mm
VE2B	kuivattu turvekerros 300 mm + kuivatuskerros 250 mm + sekamoreenikerros 500 mm
VE3	bentoniittimatto + HDPE-kalvo + salaojamatto + turvekerros 1000 mm
VE4	sekamoreenikerros 500 mm + turvekerros 500 mm
Sivukivialueiden koerakenteet (v. 2018)	
Koerakenne	Rakennekerrokset (alhaalta ylöspäin)
VE1	HDPE-kalvo + suojakerros KaM 0/16 300 mm + turve-moreeniseos 500 mm
VE2	tiivistetty turve/moreeniseos 500 mm + kuivatuskerros KaM 0/90 300 mm + turve/moreeniseos 500 mm
	Huom! Rakennetta muutettu v. 2020 lisäämällä tasaiselle alueelle muovikalvo
VE3	turve-moreeniseos 2000 mm
	Huom! Sivukivitäyttöä ei kiilattu
VE4	bentoniittimatto + suojakerros KaM 0/16 300 mm + kuivatuskerros KaM 0/90 300 mm + turve/moreeniseos 1000 mm
	Huom! Rakennetta muutettu v. 2020 katkaisemalla bentoniittimatto ja peittämällä se kasan päältä tasaiselta osalta
Geopolymeerirakenteet (v. 2020)	
Koerakenne	
Yhdeksän erilaista testirakennetta geopolymeeristä	
Sulkemisen peiterakennekokeilut, koeasetelma 1 (v. 2021)	
Koerakenne	
Geopolymeerikentän laajennus koko luiskan alalle	
Sulkemisen peiterakennekokeilut, koeasetelma 2 (v. 2021), koko luiskan alalle	
Koerakenne	Rakennekerrokset (alhaalta ylöspäin)
VE1A	HDPE-kalvo 1,5 mm + salaojamatto + pintakerros KaM 0/63 200 mm + kasvukerros moreenista ja turpeesta 500 mm
VE1B	HDPE-kalvo 1,5 mm + salaojamatto + kasvukerros moreenista ja turpeesta 500 mm

VE2A	puhdas, tiivistetty turve-moreenikerros 500 mm + bentoniittimatot + turve/moreenikerros 1000 mm
	Huom! Rakentaminen ei onnistunut
VE2B	lievästi pilaantunut, tiivistetty turve-moreenikerros 500 mm + bentoniittimatot + turve-/moreenikerros 1000 mm
	Huom! Rakentaminen ei onnistunut

Seuraavissa kappaleissa on esitetty peiterakennekokeiden yhteenvedon tulokset tiivistetysti.

Vuosi 2011–2012

Sekundäärialueen lohkon 1 luiskaan on rakennettu vuosien 2011–2012 aikana koealue, jossa on tutkittu neljää eri pintarakennevaihtoehtoa. Koerakenteet muodostavat yhtenäisen alueen, jossa jokaisen koerakenteen leveys on 15 m ja luiskan pituus 42 metriä ja kaltevuus 1:3. Koerakenteiden pintarakenteissa on käytetty:

- tiiviskerroksessa 1,5 mm HDPE-kalvoa ja kuivatuskerroksessa salaojamattoja, pintakerroksen paksuus 500 mm (VE1)
- tiiviskerroksessa bentoniittimattoja ja kuivatuskerroksessa salaojamattoja, pintakerroksen paksuus 500 mm (VE2)
- tiiviskerroksessa tiivistettyä turvetta (500 mm), pintakerroksen paksuus 300 mm (VE3)
- tiiviskerroksessa tiivistettyä turvetta (500 mm) ja kuivatuskerroksessa kalliomursketta 0/55 (250 mm), pintakerroksen paksuus 300 mm.

Seurantatulosten (vuosina 2012–2017) mukaan koerakenteista parhaiten toimi HDPE-kalvo ja bentoniittimatto. Rakenteiden seuranta on päätynyt. Rakenteita seurataan erityisesti kasvillisuusvaikutusten seurannan näkökulmasta (alueen kasvillisuuden vaikutus tiivisrakenteeseen).

Vuosi 2016

Vuonna 2016 tehtiin kipsisakka-altaalle 1 lohkolle 1 neljä 30*40 m koealuetta kipsisakan ja geotuubisakan päälle. Seuranta päättyi vuonna 2020. Lysimetrien avulla tehdyn seurannan mukaan pienimmät veden läpäisyprosentit olivat vuosina 2019 ja 2020 HDPE-kalvolla ja sen peitorakenteella (VE3) ja rakenteella, jossa oli kuivatun turpeen päällä kuivatuskerros ja 500 mm turvekerros (VE2A).

Vuosi 2018

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on vuonna 2018 antanut päätöksen (nro 89/2018/1) sivukivialueen peiterakenteita koskevasta koetoimintailmoituksesta. Koetoiminnassa on tehty sekundäärialueen 1 lohkon 2 pohjoispuolelle neljä 35*35 m kokoista peiterakennepilottia. Ra-

kenteet ovat kalvorakenne päätöksen 76/2017/1 ja silloisen sulkemissuunnitelman mukainen rakenne (VE1), kapillaarirakenne kuivatuskerroksella toteutettuna (VE2), turve/moreeniseoksesta tehty kahden metrin kerros kiilaamattoman sivukivitäytön päälle (VE3) ja kapillaarirakenteen ja bentoniittimaton yhdistelmä (VE4). Koekentät muotoiltiin avolouhoksesta tuodulla sivukivellä ennen varsinaisten rakennekerrosten tekemistä. Peiterakennekokeissa tutkittiin eri rakennevaihtoehtojen vedenläpäisevyyttä, peiterakenteen läpäisseen hapen määrää ja peiterakenteen alapuolista kosteutta.

Vuoden 2019 mittauksissa HDPE-kalvon läpäisyprosentti oli 0 % ja muilla rakenteilla läpäisy vaihteli 1,3–2,2 % välillä ja vuoden 2020 mittauksissa kalvorakenteen läpäisyprosentti 0 % ja muilla rakenteilla läpäisy vaihteli 5,8–8,4 %:n välillä. Lisäksi tehdyn happipitoisuuden ja maaveden potentiaalin seurannan tulosten perusteella voidaan todeta, että kalvorakenne toimii. Muiden rakenteiden seurannan tulokset olivat huonompia. Lämpötilaseurannan tuloksista voidaan päätellä, että HDPE-kalvo ei jäänyt talvellakaan.

Vuosi 2020

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on vuonna 2020 antanut päätöksen (nro 117/2020) geopolymeerin käyttämisestä sivukivialueen pintarakenteessa. Koetoimintailmoituksen mukaisesti on sivukivialueelle KL2 tehty koerakenne geopolymeeristä. Koerakenteella selvitettiin soveltuuko sulkemISRakenteeksi suunnitellun kalvorakenteen sijaan geopolymeeristä tehty tiivistyskerros sulkemiseen. Alueelle tehtiin noin 0,2 ha:n alueelle yhdeksän erilaista koealuetta.

Vuosi 2021

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on vuonna 2021 antanut päätöksen (nro 149/2021) sulkemisen peittorakennekokeista tehdystä ilmoituksesta. Koetoimintailmoituksen mukaisesti on tehty sivukivialueen KL2 lohkolle 1 geopolymeerirakenteen koealue (n. 0,45 ha), kaksi koepeittorakennetta bentoniitista (pinta-ala yhteensä 0,9 ha) ja kaksi koepeittorakennetta HDPE-kalvorakenteella (pinta-ala yhteensä 0,9 ha). Bentonitista rakennettavaa koepeittorakennetta ei pystytty työturvallisuussyistä rakentamaan valmiiksi.

Koetoiminnassa tutkittiin eri rakennevaihtoehtojen rakennettavuutta sekä erityisesti geopolymeerivaihtoehdon vedenläpäisevyyttä ja peiterakenteen läpäissyttä hapen määrää. Tavoitteena oli tuottaa tietoa peiterakenteiden rakentamisesta sekä peitolla saavutettavista olosuhteista laajemman ja täsmennetyn sulkemissuunnitelman laatimista varten.

Kalvotettavalla koealueella selvitettiin parhaiten soveltuvat työmenetelmät pitkän ja 1:3 kaltevan luiskan turvallisesti kalvottamiseksi. Tietoa menetelmistä tarvitaan mm. tarkempien rakennussuunnitelmien laatimiseksi, mikäli alueita päädytään sulkemaan kalvorakenteella.

Bentoniittikoerakenteella oli tarkoitus selvittää rakenteen kestävyyttä ja veden ja hapen kulun estämiskykyä aiemmista kokeista poikkeavissa olosuhteissa. Kokeessa maa-aines sen päällä ja alla olivat saturoituneita vedestä ja siten edesauttoivat bentoniittimaton hydratoitumista kosteissa olosuhteissa.

Geopolymeerirakenteella kerättiin tietoa geopolymeerin levitystekniikasta sekä peittomateriaalin pysymisestä ja sen vaikutuksista geopolymeeristä tehdyn tiivistyskerroksen päällä jyrkässä luiskassa. Geopolymeerirakenne on suunniteltu olevan vettä läpäisemättömäksi eikä rakenteesta itsestään arvioida aiheutuvan erityisiä päästöjä ympäristöön. Koerakenteen vaikutusta sivukivialueelta tuleviin päästöihin seurattiin tarkkailulla.

Vuosi 2024

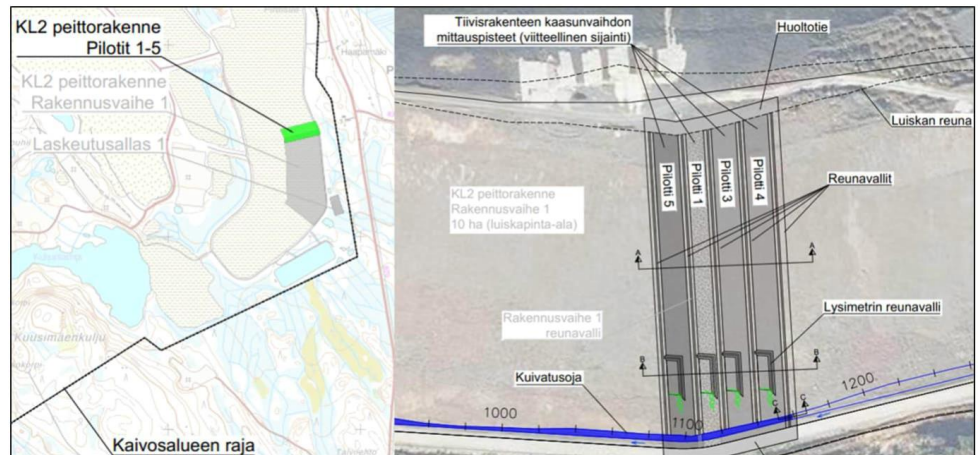
Terrafame Oy:n 31.12.2024 aluehallintoon vireille panemassa koko toimintaa koskevassa sulkemissuunnitelmassa (PSAVI/16044/2024) on kuvattu sivukivialueella KL2 vuonna 2024 toteutettua ja meneillään olevaa koetoimintaa seuraavasti:

"Tuleva ja meneillään oleva koetoiminta"

Vaikka kalvorakenne on todettu toimivaksi ja hyväksi sulkemirakenteeksi, on Terrafame kuitenkin sitoutunut edelleen tutkimaan ja kehittämään vaihtoehtoisia sulkemirakenteita. Vuotuisista tuotannon kehityksen resursseista on sulkemisen suunnitteluun, laboratoriokokeisiin ja kenttäkokeisiin varattu merkittävä osuus.

2024 aloitettiin kaksi erillistä sulkemiseen liittyvää koetoimintaa. Kipsisakka 1 altaan pohjoisnurkassa stabilointikenttä pohjarakenteen rakennettavuuden arviontiin (PSAVI/9217/2024) ja sivukivialueelle KL2 kolme eri kenttää vaihtoehtoisten sulkurakenteiden toimintakyvyn selvittämiseksi (PSAVI/9219/2024).

Sivukivialueella KL2 tavoitteena oli tutkia neljän eri rakennevaihtoehdon soveltuvuutta peittorakenteeksi. Näissä kokeissa on mm. tarkoitus varmistua kyseisten rakenteiden soveltuvuudesta tiiviiksi peittorakenteeksi veden ja hapen pitkäaikaisläpäisevyyden osalta. Lisäksi koerakenteilla saadaan kokemusta kyseisten rakenteiden rakennettavuudesta ja kustannustehokkuudesta tuotantomittakaavassa luiskiin toteutettaessa. Koerakenteiden sijoittuminen sivukivialueen KL2 luiskaan on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kaikkia suunniteltuja rakenteita v. 2024 koetoiminnassa ei toteutettu. Pilotti 5 koerakenteesta luovuttiin työteknisistä syistä ennen koeluvasta saatua päätöstä. Rakenteeseen palataan mahdollisesti myöhemmin sivukivikasan sulkemisen yhteydessä toteutettavalla koekentällä. Pilotti 4 kentän rakentaminen jouduttiin keskeyttämään toteutusvaiheessa turvallisuuspoikkeaman takia. Tästä kentästä koetoiminnasta saatiin siis arvokasta kokemusta rakenteiden soveltuvuudesta ja/tai rakennettavuudesta, mutta sen hyödyntäminen tuotannollisessa mittakaavassa vaatii vielä lisätutkimuksia. Samoin on aiemmin todettu esimerkiksi geopolymerin kohdalla. Toteutettujen rakenteiden osalta seuranta on alkanut loppuvuonna 2024 ja jatkuu ainakin vuoden 2026 kesään.”

Koetoiminnan tulosten yhteenveto

Sekundäärialueen pohjoispuolella toteutetun eri rakenteiden koetoiminnan tuloksista on todettu, että aiempien vuosien tulosten perusteella koerakenteet eivät toimineet halutunlaisesti. Niiden vesitiiviys oli huono tai niiden toteuttaminen suuremmassa mittakaavassa ei olisi ollut taloudellisesti kannattavaa ja siksi ei ollut syytä seurannan tehostamiselle eikä koetoiminnan jatkamiselle.

Kalvorakenteiden osalta peiterakenteiden koetoimintojen seurannan yhteenvedon mukaan tuloksista voidaan päätellä, että kalvorakenne toimii. Esimerkiksi syksyn sateiden vaikutus on nähtävissä kalvon päällä olevissa mittareissa, mutta alla olevissa ei. Lämpötilasta voidaan päätellä, että kalvo ei jäädy talvella ja keväällä haihdunta on suurta, eikä rakenteen päällä ole paljoa lunta. Maaveden potentiaali kuvastaa rakenteen kyllästymisastetta. Syksyllä kalvon päällä oleva aine on ollut vedellä kyllästynyttä.

Geopolymeerisellä peiterakenteella ei koetoiminnasta joulukuussa 2023 laaditun raportin mukaan saavutettu haluttuja tuloksia, koska valmistettu GP-rakenne oli epätasalaatuinen. Syynä oli, että huokoiseksi jäänyt GP-materiaali oli haurastunut talvikausien aikana ja alkanut vuotaa vettä läpi. Koetoiminnan tuloksista huolimatta käytetty GP-massa ja -menetelmä osoittautuivat mahdollisiksi ja tehokkaiksi peiteratkaisuiksi, joilla saavutettiin myös erittäin kestäviä ja tiiviitä peiterakenteita. Rakenteen

ja materiaalin hyödyntäminen edellyttää kuitenkin erityisesti rakennettavuuteen liittyvää kehitystä, ennen kuin sitä voidaan tuotannollisesti hyödyntää Terrafamen toiminnan edellyttämässä mittakaavassa.

Koetoiminnoista saadut kokemukset luiskien eroosiosta

Koerakenteista tehtyjen havaintojen perusteella voidaan todeta, että luiskien eroosioriski on suurimmillaan heti rakentamisen jälkeen ja ennen kasvillisuuden kasvamista. Vuoden 2023 kesä oli hyvin runsasteinen, mutta koerakenteiden luiskissa ei havaittu merkittäviä eroosiovaurioita maastokatselmuksissa, dronella tehdyissä ilmakuvauksissa tai satelliittiperusteisissa mittauksissa. Vuonna 2021 rakennetussa kalvotetussa koerakenteessa tehtiin myös liikeseurantaa vuonna 2023. Liikeseurantaa tehtiin luiskaan asetetusta kuudesta pisteestä. Mittalaitteen ja silmämääräisen keskipisteen määrittämisen mahdollistaman tarkkuuden puitteissa voidaan todeta, ettei rakenne ole liikkunut seurantajakson aikana havaittavasti.

Koetoimintojen tulosten huomioiminen peittorakenteen valinnassa

Koetoiminnoissa on selvitetty erilaisten peittorakennevaihtoehtojen rakennettavuutta ja toimivuutta. Osana koetoimintoja on tehty myös koerakenteita, joissa on käytetty kalvoa tiiviskerroksena:

- Sekundäärikasan koerakenteet (päätösnumero 113/11/1): koerakenne VE1
- Kipsisakka-altaan koealueet (päätösnumero 129/2016/1): koerakenne VE3
- Sivukivialueiden koerakenteet (päätösnumero 89/2018/1): koerakenne VE1
- Sulkemisen peiterakennekokeilut, koeasetelma 2 (päätösnumero 149/2021): koerakenteet VE1A ja VE1B.

Esitettyä peittorakenneratkaisua edustaa sulkemisen vuoden 2021 peiterakennekokeilujen yhteydessä (päätösnumero 149/2021) rakennettu koerakenne VE1A. Koerakenteessa on käytetty tiivisrakenteena HDPE-kalvoa, mutta nyt esitetyssä peittorakenteessa on päädytty LLDPE-kalvoon, joka soveltuu paremmin peittorakenteeseen. LLDPE-kalvo esimerkiksi kestää muodonmuutoksia paremmin kuin HDPE-kalvo.

Kuten yllä on todettu, peittorakenteet, joissa kalvoa on käytetty tiivisrakenteena, ovat toimineet pääosin odotetusti. Lisäksi esitetyn peittorakenteen rakennettavuus on varmistettu aiemmin mainitun koerakenteen VE1A rakentamisen yhteydessä. On myös huomioitava, että peittorakenteen toimivuus ei perustu ainoastaan tiivisrakenteena käytetyn kalvon varaan, vaan jokaisella rakennekerroksen osalla on merkitystä peittorakenteen toiminnassa. Nyt esitetyssä peittorakenteessa on otettu huomioon esimerkiksi kuivatuskerroksen tärkeys, jota ei vuoden 2018 sivukivialueiden koerakenteiden VE1-koerakenteessa ollut mukana.

SIVUKIVIALUEEN KL2 SULKEMINEN

Sulkemisen lähtökohdat

Sivukiven sijoitustoiminnan päätyttyä alueelle toteutetaan sulkemisen vaatimat peittorakenteet vaiheittain vesienjohtamisjärjestelyineen ja alue maisemoidaan aloittaen vuonna 2024. Sulkeminen jatkuu tämän hetken arvion mukaan yli 10 vuotta. Sivukivialueen KL2 sulkemisen peittorakenteet suunnitellaan siten, että saavutetaan sivukiven geokemialliset ominaisuudet huomioiden riittävä suojaustaso.

Alueen sulkemisen aloittaminen suunnitellussa aikataulussa on hakijan mukaan tuotannollisista ja taloudellisista syistä välttämätöntä, koska sivukiven läjittäminen siirtyi tammikuussa 2024 uudelle sivukivialueelle KL1. Varsinainen sivukiven läjitys sivukivialueelle KL2 on loppunut tammikuussa 2024, kuitenkin luiskun muotoilua varten KL2 alueelle tullaan vielä ajamaan noin 1,8 Mt sivukiveä. Luiskien muotoilu tehdään arviolta vuosien 2024–2025 aikana. Sivukivialueelle KL1 sivukiven läjitys on alkanut 2.1.2024. Kuusilammen avolouhoksen käyttö päättyy aikavälillä 2035–2040 riippuen Kolmisopen malmiesiintymän hyödyntämisestä.

Lainsäädännön vaatimukset ja kaivosalan yleiset ohjeet

Sivukivialueen KL2 sulkeminen tehdään voimassa olevien lakien mukaan. Sivukivialuetta koskevista sulkemistoimenpiteistä on määrätty mm.:

- kaivoslaissa (621/2011)
- ympäristönsuojelulaissa (527/2014)
- valtioneuvoston asetuksessa kaivannaisjätteistä (190/2013)
- valtioneuvoston asetuksessa vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun asetuksen muuttamisesta (1308/2015).

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) edellyttää parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT, Best Available Techniques) ja ympäristön kannalta parhaan käytännön (BEP, Best Environmental Practice) soveltamista toiminnassa, joka voi aiheuttaa ympäristön pilaantumisen vaaraa. Parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla (BAT) tarkoitetaan ympäristönsuojelulain (527/2014) 5 §:n mukaisesti mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito-, käyttö- sekä lopettamistapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä ja jotka soveltuvat ympäristölupamääräysten perustaksi. Tekniikka on teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoista silloin, kun se on saatavissa käyttöön yleisesti ja sitä voidaan soveltaa asianomaisella toiminnan alalla kohtuullisin kustannuksin.

Sulkemistrategioiden riskejä ja parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöä on arvioitu sekä kansainvälisten että kansallisten ohjeiden perusteella. Alla on esitetty ohjeet, joihin riskinarviointi ja parhaan käyttökelpoisen tekniikan ja ympäristön kannalta parhaiden käytäntöjen käytön arviointi perustuu.

Vuonna 2018 julkaistuun kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskeva vertailuasiakirjaan ”Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries” (European Commission 2018) on koostettu tietoa kaivannaisteollisuudesta, kaivannaisjätteistä ja niiden ympäristövaikutuksista sekä kaivannaisjätteiden ja ympäristövaikutusten hallintamenetelmistä ja -tekniikoista. Vertailuasiakirjan BAT-päätelmissä on esitetty ne tekniikat, käytännöt ja toimenpiteet, jotka on todettu parhaiksi käytössä oleviksi kaivannaisjätteiden hallinnassa sekä kaivannaisjätteistä aiheutuvien haitallisten vaikutusten ehkäisyssä toiminnan koko elinkaaren aikana. Vertailuasiakirjan tarkoitus on edistää ympäristönsuojelua ja yhtenäistää ympäristölupakäytäntöjä Euroopan Unionin sisällä.

Ympäristöministeriö on vuonna 2020 julkaissut Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen -julkaisun (Ympäristöministeriö 2020), johon on kerätty keskeinen tieto edellä mainitusta MWEI BREF -vertailuasiakirjassa esitetyistä BAT-päätelmistä sekä niiden soveltamisesta Suomessa huomioiden kansalliset ohjeistukset, oppaat ja lainsäädännöt. MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvussa 5 esitetyt BAT-päätelmät jakautuvat kahteen ryhmään:

- yleisiin BAT-päätelmiin, jotka ovat sovellettavissa kaikkiin kohteisiin (ellei muuta ole määritelty)
- riskiperustaisiin BAT-päätelmiin, joita sovelletaan sellaisiin kohteisiin, joissa on tunnistettu ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta tiettyjä, tunnusomaisia ympäristöön tai ihmisten terveyteen kohdistuvia riskejä.

Riskiperusteiset BAT-päätelmät koskevat BAT-tekniikoita, joiden on tunnistettu ehkäisevän tai vähentävän mahdollisimman paljon ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnissa todennettuja spesifisiä riskejä. Riskiperusteisissa BAT-päätelmissä on keskeistä niiden soveltaminen ympäristövaikutusten ja riskien arvioinnin kautta huomioiden kaivannaisjätteiden ja niiden jätealueiden ominaisuudet, sijainnit sekä paikalliset ympäristöolosuhteet.

Suomalainen kaivosten sulkemissuunnittelua koskeva opas on vuonna 2005 julkaistu Kaivoksen sulkemisen käsikirja (Heikkinen & Noras 2005). Oppaan tarkoituksena on tarjota yleisiä lähtökohtia ja esimerkkejä sulkemisen suunnittelulle. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt -julkaisuun on kerätty tietoa Suomen olosuhteisiin soveltuvista metallimalmikaivannaissektorin parhaista ympäristökäytännöistä (BEP).

Sulkemissuunnitteluun vaikuttaa myös Terrafame Oy:n sitoutuminen vuonna 2016 laadittuun kaivosvastuujärjestelmään. Kaivosvastuujärjestelmä koostuu yhteisistä toimintaperiaatteista sekä arviointityökaluista, jotka kattavat kaivostoiminnan koko elinkaaren. Toimintaperiaatteissa painotetaan sulkemisen aktiivista huomioimista ja sulkemiseen varautumista koko toiminnan elinkaaren ajan. Sulkemiseen varautuminen pitää sisällään mm. sulkemissuunnitelmien tarkentamisen ja sulkemistoimenpiteiden kustannusarvioiden jatkuvan päivittämisen hyvien käytäntöjen mukaisesti.

Sivukivialueen KL2 sulkemiseen liittyvät lupamääräykset ovat ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräykset 181–187.

Aiemmat sulkemissuunnitelmat

Kaivosalueelle laadittu sulkemissuunnitelma on päivitetty vuonna 2021. Sulkemissuunnitelman päivityksessä on tarkennettu sulkemissuunnitelmaa sen julkaisun jälkeen laadituilla laajennus-, korotus- ja sulkemissuunnitelmilla sekä läjitettyjen materiaalien ominaisuuksien ja luokitusten osalta että tehtyjen lisäselvitysten (peittorakenteiden koekentät) ja toteutuneiden muutosten osalta. Sivukivialueiden sulkemiseen liittyen sulkemissuunnitelmassa on nostettu esiin sulkemiseen liittyvät suurimmat riskit ja lisäselvitystarpeet, ja todettu että ympäristöriskin arvioimiseksi peittorakenteita ja niiden vaihtoehtoja tulee arvioida kokonaisuutena riskinarvion kautta.

Terrafame on toimittanut koko toimintaa koskevan uuden sulkemissuunnitelman aluehallintovirastoon hyväksyttäväksi vuoden 2024 lopussa. Yhtiö pitää vuoden 2021 sulkemissuunnitelmaa monelta osin kuitenkin kohtalaisen ajantasaisena, vaikka hakemuksessa esitettyä rakennetta on kehitetty sulkemissuunnitelmassa esitetystä. Sulkemissuunnitelma on monella tapaa iteratiivinen ja jatkuva prosessi, josta kirjallinen laadittu sulkemissuunnitelma on laatimishetken kuva kokonaisuudesta. Sulkemissuunnittelu ja käytäntöjen kehittäminen tulee jatkumaan myös vuoden 2024 sulkemissuunnitelman toimittamisen jälkeen. Terrafame pitää tärkeänä, että sulkemiskäytäntöjä voidaan kehittää toiminnan aikana. Myös vesienhallinnan valuma-alueeseen kannalta sulkemistoimenpiteet ovat merkittäviä ja toimenpiteillä voidaan vähentää toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Sulkemisen tavoitteet

Riskinarviointi ja ympäristö- ja turvallisuusriskien hallinta ovat oleellinen osa sulkemissuunnittelua ja sulkemisen tavoitteiden määrittelyä.

Sulkemisrakenteen suunnittelu on pohjautunut riskipohjaiseen arviointiin toimialaa koskevien parhaiden käytänteiden (MWEI-BREF) mukaisesti. Jäljempänä on esitetty peittorakenteen valintaan vaikuttavat tekijät, joissa pääroolissa on ollut ympäristö- ja turvallisuusriskien huomiointi. Jäljempänä on verrattu sivukivialueen KL2 sulkemiseen liittyvää toimintaa kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käytökelpoisia tekniikoita

koskevan vertailuasiakirjan ”Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries” (European Commission 2018) luvussa 5 esitettyihin BAT-tekniikoihin ja esitetty miten niitä on sovellettu sivukivialueen KL2 sulkemisen suunnittelussa.

Lisäksi koska sivukivialueen KL2 sulkemista tehdään toiminnan aikana vaihteittain, on mahdollista hyödyntää suljettujen alueiden peittorakenteen seurannan tuloksia suhteessa asetettuihin toimintatavoitteisiin ja näitä havaintoja voidaan käyttää peittorakenteen optimoinnissa ja mahdollisessa parantamisessa tulevaisuudessa sekä sivukivialueen KL2 että muiden peitettävien sivukivialueiden osalta. Terrafamen käyttämä jatkuvan sulkemisen strategia mahdollistaa siis sen, että sulkemiseen liittyviä riskejä voidaan uudelleen arvioida ja sulkemisratkaisuja optimoida jo toiminta-aikana.

Suurimmat sivukivialueen KL2 sulkemisen riskit liittyvät alueelle läjitetyn sivukiven happamien suotovesien muodostuksen estämiseen pitkällä aikavälillä, ja sulkemisen päätavoitteena onkin minimoida pohjaveden laadun heikkenemisen ja maaperän pilaantumisen riskit. Lisäksi peittorakenteen päältä tulevien puhtaiden pintavesien johtaminen hallitusti ympäristöön on tärkeässä roolissa vesien hallinnan näkökulmasta. Turvallisuuden näkökulmasta tarkasteltuna sulkemisen jälkeen sivukivialueen tulee olla ihmisille, eläimille ja ympäristölle turvallinen.

Seuraavassa taulukossa on esitetty tiivistetysti sivukivialueen KL2 sulkemiseen liittyvät tunnistetut riskit sekä sulkemisen tavoitteet ja toimenpiteet näiden riskien minimoimiseksi. Jäljempänä on kerrottu tarkemmin riskien minimoimiseksi toteutettavista toimenpiteistä ja riskinarvion kautta tehdystä peittorakennetyypin valinnasta.

Riskitekijä	Sulkemisen tavoitteet	Toimenpiteet
Sortumat	Sortumien estäminen	Luiskien muotoilu 1:3 tai loivemmiksi, huolellinen kiilaus
Eroosio, kiintoaineksen merkittävä määrä suljetun sivukivialueen pintavesissä	Eroosion vähentäminen, kiintoaineksen vähentäminen peittorakenteen päältä tulevista pintavesistä	Peittorakenteen pintakerroksen eroosiokestävyyden huomiointi, kasvillistaminen, viivyttävät reunat, laskeutusaltaat, vaihteittain sulkeminen
Happaman, metallipitoisen suotoveden muodostuminen	Suotoveden muodostumisen vähentäminen	Peittorakenteen tulee estää hapen virtaus sekä rajoittaa sadeveden pääsyä kaivannaisjätteeseen
	Sivukiven sulfidimineraalien hapettumisen vähentäminen	Suotovesien laadun ja määrän seuranta
	Aktiivisten vesienkäsittelymenetelmien käytön vähentäminen suotoveden määrän vähentyessä	

Peittorakenteen pitkäaikaiskestävyys	Peittorakenne toimii suunnitellusti	Rakennekerrosten valinnassa huomioidaan niiden yhteensopivuus ja soveltuvuus kohteeseen (stabiilius luiskissa, mahdollisten painumien huomiointi, eroosiokestävyys, riittävä kuivatus, riittävät rakennekerrospaksuudet esim. routivuuden ja kalvon suojaamisen kannalta)
		Koerakenteista saatujen kokemusten hyödyntäminen varsinaisessa rakentamisessa
		Rakentamisen laadunvarmistus
Peittorakenteen pintavesien virtaamien ja määrien hallinta	Peittorakenteen pintavedet johdetaan hallitusti maastoon	Peittorakenteessa käytettävät materiaalit eivät sisällä haitta-aineita, arvioituihin pintavesimääriin nähden riittävät kuivatusjärjestelyt, mm. viivyttävät reunaosat ja laskeutusaltaat
Pölyäminen	Pölyämisen vähentäminen	Kasvillistaminen
Maisemahaitat	Sivukivikasan maisemointi mahdollisimman luonnonmukaiseksi ja maisemakuvaan sopivaksi	Sivukivikasan muotoilu ja kasvillistaminen

Sivukivialueen KL2 sulkemisen tavoitteissa huomioidaan myös koko toiminnan sulkemissuunnittelu. Terrafame on sitoutunut toiminnanaikaiseen sulkemiseen. Tämä mahdollistaa alueiden ja sulkemISRakenteiden toimivuuden seurannan ja jatkuvan kehittämisen toiminnan aikana. Sulkemissuunnittelu on iteratiivinen prosessi ja aloittamalla sulkemistoi-
menpiteet ajoissa käytäntöjä ehditään tarvittaessa kehittää edelleen. Sulkeminen mahdollistaa myös vesienhallinnan valuma-alueiden supistamisen, mikä edelleen vähentää käsittelyyn johdettavan veden määrää ja vesienkäsittelyyn kohdistuvaa kuormitusta ja siten myös vesistövaikutuksia.

Sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelma päivitetään osaksi koko toiminnan sulkemissuunnitelmaa. Terrafame aloittaa sulkemistoi-
menpiteet jo vuoden 2024 aikana, jolloin koko toiminnan sulkemissuunnitelmaan saadaan mahdollisesti huomioitua jo ensimmäisiä havaintoja sulkemisen toteutuksen toimivuudesta. Koko toiminnan sulkemissuunnitelman päivityksen yhteydessä voidaan uudelleen arvioida myös mallien tarkentamisen tarvetta.

Sivukivialueen peittorakenne

Yleistä

Kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevassa vertailuasiakirjassa (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries) on päätelmässä 38 esitetty kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittämistekniikoita. Peittorakenteen suunnittelun tulee perustua kokonaisvaltaiseen ja kohdekohtaiseen ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointiin. Valittava tekniikka riippuu läjitettävän jätteen laadusta.

Sivukivialueelle läjitetty sivukivi on pääasiassa todennäköisesti happoa tuottavaa mustaliusketta. Happoa tuottavalle, kiinteälle kaivannaisjätteelle paras mahdollinen vertailuasiakirjassa esitetty tekniikka on BAT 38e:n mukainen läpäisemätön, alhaisen virtaaman kuivapeitto. Tekniikka soveltuu myös uraania sisältävien kaivannaisjätteiden radonpäästöjen hallintaan.

Läpäisemätön, alhaisen virtaaman kuivapeiton rakenne voi vaihdella yksinkertaisista peitoista monimutkaisiin rakenteisiin, jotka koostuvat useista erilaisista toiminnallisista kerroksista. Rakenteen tavoitteena on estää hapen virtaus ja rajoittaa sadeveden pääsyä kaivannaisjätteen. Rakenne koostuu yleensä kahdesta tai useammasta kerroksesta, esimerkiksi tiiviskerroksesta, kuivatuskerroksesta ja pintamaakerroksesta. Rakenteessa voidaan käyttää geosynteettisiä materiaaleja, kuten eristekalvoja. Peittorakenteen paksuus voi vaihdella 0,5...3,0 m välillä ja sen tiiviskerroksen vedenläpäisevyyden tulee olla yleensä $<1 \cdot 10^{-9}$ m/s.

Peittorakenteen toiminnallisiksi tavoitteiksi on asetettu maksimissaan 5 % vedenläpäisy nettosadannasta ja hapenläpäisy 1 mol/m²/vuosi. Arvio vedenläpäisevyydestä perustuu INAP (2017) aineistoon (erityisesti kappale 4 ja 4.4.7), jossa käsitellään suuruusluokkatasolla toiminnallisia tavoitteita, joita voidaan olettaa saavutettavan erityyppisillä peittorakenteilla. Mukana on laaja kirjo hyvin erilaisia peittorakenteita pelkästä kasvittamisesta varaaviin maa-ainespeittoihin ja erilaisiin tiivis- ja eristyskerroksin varustettuihin ratkaisuihin. Myös Ayres ja O'kane (2013) listaavat selkeästi, millaisia toiminnallisia tavoitteita voidaan asettaa erilaisille peittorakennerratkaisuille. < 5 % vedenläpäisy on kirjallisuuslähteiden perusteella maltillinen toiminnallinen tavoite valitulle rakennerratkaisulle ja sallii rakenteen vioista ja kulumisesta johtuvaa suorituskyvyn alenemista.

Veden- ja hapenläpäisevyyden arvoihin vaikuttaa olennaisesti ilmasto. Pieni vedenläpäisy on luonnollisesti helpompi saavuttaa kuivilla alueilla kuin kosteilla alueilla. Siksi globaalissa peittorakenteiden tarkastelussa jäädään vääjäämättä yleiselle tasolle lukujen ja epävarmuuksien suhteen. Peittorakenteen kosteus puolestaan vähentää hapen kulkeutumista peiton läpi ja siten tavoitteet hapenläpäisyn rajoittamiseksi on helpompi saavuttaa sateisilla kuin kuivilla alueilla. Siten ei voida määrittää suoraan toiminnallisia tavoitteita tietylle tekniselle rakennustavalle (esimerkiksi 20 cm tiivismoreenikerros ja 50 cm suojamoreenikerros, joilla tietyt vedenjohtavuuden arvot), sen sijaan toiminnallisten tavoitteiden määritelmät ovat aina paikkakohtaisia. Pohjoisissa (suhteellisen kylmissä ja märissä olosuhteissa) rakennettaville peitoille on tehty omia tarkasteluja (MEND 2009 ja 2010), ja näissä on päästy samoihin tuloksiin kuin Terrafamen peitolle tehdyissä Hydrus mallinuksissa eli <5 % veden läpäisy ja 1 mol/m²/vuosi hapenläpäisy on parhaimmillaan saavutettavissa maa-ainespeitoillakin. Kalvot entisestään pienentävät veden ja hapen läpäisyä.

Tiiviin eristyskerroksen (kuten LLDPE-kalvo) omaavien peittorakenteiden ("barrier-type cover systems") toiminnalliset tavoitteet perustuvat

lähinnä oletettujen reikien määrän ja muodon arvioimiseen, sekä reikien virtausdynamiikan avulla happi- ja nestevirtauksen määrän arvioimiseen. Tosin, myös suojakerroksen ominaisuudet vaikuttavat, sillä suojakerros varastoi vettä itseensä. Kosteaa peitto pienentää happikonsentraatiota kalvon yläpuolella ja siten happivuo reiän läpi jää pienemmäksi.

INAP (2017) valossa myös happivuon arvio $1 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$ nähdään suhteellisen konservatiivisena valitulle rakennevaihtoehdolle. INAP 2017; taulukko 7-4) arvioi trooppisessa ilmastossa peitolle, jossa on alle 10^{-9} m/s vedenjohtavuuden tiiviskerros, keskimääräiseksi happivuoksi $<1 \text{ g/m}^2/\text{vuosi}$ (eli $0,03 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$). Saxbergetissä tiiviskerrokselle, jonka vedenjohtavuus on $5 \cdot 10^{-9} - 10^{-8} \text{ m/s}$, määritettiin mallintamalla happivuoksi $0,1-0,2 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$. Waite Amulet kohteessa peitossa on savikerros, jonka hydraulinen johtavuus on 10^{-9} m/s , tämän on mitattu estävän $>99,9 \%$ happivuosta (MiMi, 2004). Nämä rakenteet edustavat kategorisesti vähemmän tiivistä peittotyyppiä kuin Terrafamen rakenneratkaisu. MiMi (2004) myös mainitsee, että hyvin tiiviissä luonnonmateriaalista valmistetuissa peitoissa kulkeutumista dominoi ajoittaiset suuremman virtauksen jaksot, joita pääsee tapahtumaan suojakerroksen kosteuden alenemisen seurauksena. Synteettisissä materiaaleissa kuivuminen ei aiheuta samalla tavalla kulkeutumisen lisääntymistä. On myös huomioitava, että yksinään Terrafamen peittorakenteeseen suunniteltu pintamaakerros (yht. 50 cm) hidastaa merkittävästi hapen virtausta kerroksen ollessa kostea, tosin alla oleva kuivatuskerros pienentää vedelläkyllästyneisyyttä. Myös jäätyneen maan aikana hapen läpäisy estyy lähes täysin (MEND 2009 ja 2010). Tämä pienentää happikonsentraatiota LLDPE-kalvon yläpinnalla eli vähentää happivuota, joka sulanmaan kuivina aikoina pääsee reikien läpi. Happivuo määräytyy tiiviimmän kerroksen mukaan eli ehjässä LLDPE-kalvossa happivuo on hyvin pieni ja reikien kohdalla tiivein yläpuolinen kerros määrää happivuon. Fysikaalisista ominaisuuksista mainittakoon kalvorakenteiden osalta tarve tarkkailla kaasun ja veden mukana sivukiviin kulkeutuvan hapen määrää. Löyhemmissä materiaaleissa kaasuvuo dominoi ja nesteessä kulkeutuva happi voidaan jättää huomiotta.

Peittorakenteen mallinnus

AFRY Finland Oy on vuonna 2023 laatinut mallinnukset koskien peittorakennetta sekä suotoveden määrän ja laadun arviointia sulkemisen jälkeen. Peittorakenteen mallinnuksen tavoitteena on ollut selvittää peittorakenteen vedenjohtavuuden vaikutusta peittorakenteen toimivuuteen. Erityisesti tavoitteena on ollut selvittää, millaisella peittorakenteella päästään läpisuotaumaan, joka on noin 5% sadannasta. Peittorakenteen mallinnuksella kartoitettiin erilaisia peittorakennevaihtoehtoja ja niiden kyvykkyyttä saavuttaa toimintatavoitteiksi asetetut ominaisuudet. Mallinnusta ohjasi läpisuotauman määrä. Tuloksena mallinnetuille taspauksille saatiin kosteuspitoisuus ja sen vaihtelu peiton eri osissa. Kosteuden perusteella määritettiin happivuo, joka on toinen tärkeä peittorakenteen toimintaa kuvaava parametri. Peittorakenteen mallinnuksen tuloksista voidaan siis laskea edelleen, saavutettaisiinko happivuolle asetettu $<1 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$ toimintatavoite.

Peittorakenteen mallinnus on tehty HYDRUS 1D -mallinnusohjelmalla, joka laskee veden kulkeutumista 1-dimensiossa vertikaalisuuntaisessa maapylväässä. Malliin syötetään tiedot sadannasta, säätilasta ja maakerroksista ja niiden hydraulisesta johtavuudesta. Tämän jälkeen ohjelma laskee pintakerrokselle satavan veden määrän, veden haihdunnan pintakerroksesta ja veden imeytymisen maaperään. Talvitilanteessa ohjelma laskee lumen sadannan ja sulannan. Routaan liittyvä epävarmuus aliarvioi lumen sulannan aikaisen pintavalunnan ja siten yliarvioi muodostuvan suotoveden määrän. Samoin alueen kaltevissa osissa malli saattaa aliarvioida pintavalunnan ja yliarvioida suotauman suotoveteen. Hydrus-mallinnuksessa siten ennemminkin yliarvioidaan kuin aliarvioidaan läpisyotauma. Laskettu suotauma peittorakenteen läpi on siten todennäköisesti ennemminkin liian suuri kuin liian pieni.

Säähavaintoina on käytetty Sotkamon Kuolaniemen sääaseman tietoja vuosien 2011–2020 ajalta. Keskimääräinen sadanta ajanjaksolla oli 628 mm/a ja keskilämpötila 3,5 °C. Mallissa haihdunta on laskettu vuorokauden minimi- ja maksimilämpötilojen perusteella. Mallinnuksessa ei ole raportin mukaan huomioitu ilmastomuutoksen tai kasvillisuuden vaikutusta sadantaan, haihduntaan ja imeytymiseen. Mallin tuloksiin epävarmuutta aiheuttaa mm. se, että mallinnuksessa ei ole huomioitu luiskien vaikutusta pintavalunnan määrään ja routaan liittyvä epävarmuus todennäköisesti aliarvioi lumen sulannan aikaisen pintavalunnan.

Mallinnuksessa käytetyt peittorakennevaihtoehdot ja mallinnuksen tulokset on esitetty seuraavissa taulukoissa.

Mallinnus	Mallinnettu kerros	Mallinnetun kerroksen pak-suus (m)	Mallinnetun kerroksen vedenjohtavuus (m/s)
Mallinnus 1	Tiivis peittokerros (savi/bentoniitti)	0,10	$4,1 \cdot 10^{-9}$
	Sivukivitäyttö	65	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Mallinnus 2	Tiivis peittokerros (savi/moreeni)	0,25	$2,0 \cdot 10^{-8}$
	Sivukivitäyttö	65	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Mallinnus 3	Peittomoreenikerros	0,70	$2,4 \cdot 10^{-6}$
	Tiivis peittokerros	0,20	$5,6 \cdot 10^{-8}$
	Sivukivitäyttö	65	$1,0 \cdot 10^{-4}$

Mallinnetun peitto-kerroksen rakenne	Läpisyotauma (mm/a)	Haihdunta (mm/a)	Pintavalunta (mm/a)
Mallinnus 1	34	100	449
Mallinnus 2	42	137	398
Mallinnus 3	222	372	17

Mallin tulosten perusteella 100 mm:n paksuisella tiiviillä peittokerroksella, jonka vedenjohtavuus on $4,1 \cdot 10^{-9}$ m/s, saavutetaan niin tiivis peittokerros, että vuotuisesta sadannasta peittorakenteen läpäisee korkeintaan 5 %.

Mallin tuloksia hyödynnettiin peittorakennevaihtoehtojen läpi kulkeutuvan hapen määrän (happivuon) arvioimiseen. Tiivis peittorakenne rajoittaa myös hapen pääsyä (happivuota) sivukivitäyttöön ja siten vähentää hapettumisreaktioita sivukivitäytössä.

Happivuon suuruuteen vaikuttaa mineraalisen tiiviskerroksen tapauksessa mineraalisten kerrosten vedellä kyllästymisaste (vesipitoisuus), sillä kaasunvaihtoa mineraalisissa kerroksissa säätelee se, kuinka täydellisesti kaasunvaihtoon kuivana kykenevät huokokset ovat täyttyneet vedellä ja miten vedestä vapaat (kuivat) huokokset yhteydessä toisiinsa. Happivuon arvo riippuu mineraalisen peittorakenteen suhteellisesta vesipitoisuudesta, joten mallin tuloksina saaduilla minimi-, keski- ja maksimivesipitoisuuksilla lasketuissa happivuon arvoissa on huomattavaa vaihtelua. Suhteellisen vesipitoisuuden lisäksi happivuon arvoon vaikuttaa peittokerroksen paksuus. Happivuo mallinnetuissa peittorakenteissa on esitetty seuraavassa taulukossa.

Mallinnetun peittokerroksen rakenne	Suhteellinen vesipitoisuus (%)	Happivuo (mol/m ² /v)
Mallinnus 1	min: 77	106
	ka: 92	3
	max: 99	< 0,01
Mallinnus 2	min: 63	188
	ka: 93	1
	max: 100	< 0,01
Mallinnus 3	min: 92 (tiiviskerros)	<2
	ka: 97 (tiiviskerros)	<0,04
	max: 100 (tiiviskerros)	0

Mallinnuksen tulosten huomiointi peittorakenteen valinnassa

Sivukivialueen peittorakenteen toimintatavoitteiden tarkastelu Hydrus-mallinnuksen avulla tehtiin peittorakennevaihtoehtojen kartoittamiseksi. Sen tavoitteena oli selvittää, millaisella maa-aineksiin perustuvalla sulkemisrakenteella voitaisiin saavuttaa määritellyt toiminnalliset tavoitteet. Lopullinen valinta tehtiin ottaen huomioon laajasti erilaisia tekijöitä. Esi-tettävän peittorakenteen voidaan yleisellä tasolla sanoa edustavan kategorisesti parempaa peittorakennetyyppiä kuin Hydrus-mallinnuksella kartoitettiin (INAP 2017; Ayres ja O’Kane 2013) eli toimintatavoitteiksi valittujen arvojen saavuttaminen valitulla rakenteella on todennäköisempää kuin mallinnetuissa vaihtoehdoissa. Hyvin matalan vedenjohtavuuden omaavien hyvin ohuiden kerrosten mallintaminen luotettavasti ei tyypillisesti perustu Hydruksen tyyppisiin ilmasto-kasvillisuus-maaperä-ohjelmiin, vaan läpivirtausta dominoi reikien määrä ja niihin liittyvät arviot. Mikäli synteettinen LLDPE-kalvo asennettaisiin täydellisesti eikä siihen muodostuisi asentamisen jälkeen yhtään kulumaa, veden ja kaasun virtausta tapahtuisi hyvin vähän. Valitun peittorakenteen kalvon yläpuolisille peittokerroksille ei ole erikseen määritetty happivuota tai k-arvoa, sillä kalvo itsessään muodostaa tiiviin esteen hapen pääsulle läji-

tykseen. Maaperä-kasvillisuusilmastomallin tavoitteena oli selvittää, voitaisiinko annettuihin tavoitearvoihin päästä mineraalisten rakenteiden avulla.

Kalvoissa kuitenkin on mahdollisesti reikiä, joiden vaikutuksen arviointiin on erilaisia tapoja. Pohjarakenteiden kestävyyttä on tutkittu laboratorio-kokein ja toteutuneista kohteista (lähinnä kaatopaikat) vikoja todentamalla (Environmental Agency, 2004). Tutkimusten perusteella on määriteltä erilaisia reikiä, mm. pitkittäiset repeämät, vaurioituneet rypyt ja ympyränmuotoiset reiät, joille on määriteltä empiirisiä laskukaavoja vuodon määrän arvioimiseksi perustuen virtausdynamiikkaan ja/tai mittauksiin (mm. Giroud ja Bonaparte, 1989; Touze-Foltz ja Giroud, 2003). Näitä kaatopaikkoihin perustuvia käytäntöjä on tyypillisesti käytetty yksinkertaistaen kaivosten pohjakalvorakenteiden vuotomäärien arviointiin, esimerkiksi määrittelemällä kuinka monta reikää keskimäärin rakenteessa on tiettyä pinta-alaa kohden ja mikä on näiden vuotuinen läpivirtaus (Golder Associates Oy, 2022). Peittorakenteiden toiminnan arvioinnissa on oleellista hieman eri asiat kuin pohjarakenteissa ja niiden korjaaminen on mahdollista toisin kuin pohjarakenteiden (Environmental Agency, 2004). Siksi myös lähestyminen on tyypillisesti ollut hieman eri.

Myös sivukivialueen KL2 sulkemisen mallinnuksessa pyrittiin toiminnallisten tavoitteiden konservatiiviseen, mutta realistiseen arviointiin ja tyydyttiin käyttämään valitun kaltaiselle rakenteelle tyypillisesti käytettäviä arvioita perustuen niiden minimisuorituskykyyn. Näiden arvioiden lähtötietona on laajasti tuloksia mallinnuksista ja mittauksista eri toteutuneista kohteista. Lukujen käyttö johtaa haitta-aineiden kuorman hienoiseen yliarvioon, erityisesti heti sulkemisen jälkeiselle ajalle, jolloin suunnitellun peittorakenteen tiivisrakenteena oleva LLDPE-kalvo toimii parhaalla mahdollisella tavalla. Parhaalla mahdollisella tavalla tässä tarkoitetaan tilannetta heti asentamisen jälkeen, eli asentamisen aikana mahdollisesti muodostuneet reiät ja muut mahdolliset viat huomioituna konservatiivisen skenaarion mukaan. Rakentamisen jälkeen muodostuvien vikojen tarkastelu peittorakenteiden osalta liittyy riskiarvioperusteiseen lähestymiseen, eli puntaroidaan todennäköisyyttä esimerkiksi erilaisen ihmistoiminnan ja jätteen mahdollisten liikuntojen aiheuttamille muutoksille peittorakenteen kalvossa. Riskiarvio perusteista tarkastelua ei ole kuitenkaan otettu osaksi geokemian mallinnusta laajemmin kuin tekemällä arvio happivuon kaksinkertaistumisen vaikutuksista haitta-aine kuormiin. Siihen ei siis oteta kantaa mikä aiheuttaa peiton suorituskyvyn heikkenemisen.

Mallinnuksen tuloksista voidaan tehdä myös johtopäätöksiä koskien esimerkiksi peittorakenteen paksuuden vaikutusta haihdunnan määrään. Lisäksi mallinnustuloksista huomataan, että happivuon arvoissa on merkittävää vaihtelua riippuen mineraalisten kerrosten suhteellisesta vesipitoisuudesta.

Perustelut peittorakenteen valinnalle

Sivukivialueen KL2 peittorakenne koostuu useista eri rakennekerroksista ja siihen on päädytty riskipohjaisen arvioinnin pohjalta ottaen huomioon:

- mustaliuskesivukiven geokemiallisten ominaisuudet
- sulkemisen tavoitteet, joissa on huomioitu ympäristö- ja turvallisuusriskien hallinta
- koerakenteista saadut tulokset eri peittorakennevaihtoehtojen rakennettavuudesta ja toimivuudesta käyttöolosuhteissa
- peittorakenteen mallinnustulokset, jotka ovat myös vaikuttaneet siihen, että tiivisrakenteena on päädytty käyttämään LLDPE-kalvoon, jolla toimintatavoitteiden saavuttaminen on todennäköisempää kuin peittorakenteella mallinnetuissa vaihtoehdoissa
- suotovesimallinnuksen tulokset, joiden perusteella on arvioitu suotoveden laatua ja määrää peittorakenteelle asetettujen toimintatavoitteiden täytyessä sekä millaisia vaikutuksia tiivisrakenteena käytetyn LLDPE-kalvon toimintakyvyn hiipumisella ja huononemisella voi olla suotoveden laatuun
- tutkimustieto erilaisista tiivisrakenteista (mineraaliset tiivisrakenteet, geosyntetit) ja niiden toiminnallisuudesta ja pitkäaikaiskestävyydestä vallitsevissa olosuhteissa
- teknistaloudellisesti käytettävissä olevat materiaalit
- peittorakenteen rakennettavuus mahdollisimman tehokkaan sulkemisen mahdollistamiseksi (sulkemistoimenpiteet tehdään optimirakennuskauden aikana mahdollisimman laadukkaan peittorakenteen takaamiseksi)
- eri rakennekerrosten merkitys peittorakenteen toiminnassa, peittorakenne ei koostu vain pelkästä tiivisrakenteena toimivasta LLDPE-kalvosta
 - o suojageotekstiili suojaa kalvoa
 - o kuivatuskerroksena toimiva salaojamatto johtaa pintamaakerroksen läpi suotautuneet sade- ja sulamisvedet pois rakenteesta ja alentaa kalvoon kohdistuvaa vedenpainetta, lisäksi salaojamatto toimii myös suojakerroksena kalvolle
 - o murskeesta rakennettava pintakerros tehostaa salaojamatton toimintaa
 - o pintamaakerroksen ollessa riittävän kostea, myös se vähentää hapen kulkua kalvoon mahdollisesti muodostuneiden reikien läpi
 - o pintamaakerros myös mahdollistaa kohteeseen soveltuvan kasvillisuuden kasvamisen, mikä vähentää merkittävästi eroosioriskiä sekä lisää haihtumista ja pintamaakerroksen kykyä toimia vesivarastona.
- suunnitelma mahdollisten suotovesien johtamisesta sivukivialueen sulkemisen jälkeen siten, että suotovesien haitalliset ympäristövaikutukset minimoidaan.

Tämänhetkisen arvion mukaan LLDPE-kalvo yhdessä suojageotekstiilin ja salaojamaton (jossa myös suojausominaisuudet) on toimivin ratkaisu peittorakenteen tiivisrakenteeksi, mutta tutkimustyön ja lisäselvitysten myötä jatkossa sivukivialueiden peittorakenteessa voidaan käyttää muitakin ratkaisuja, joille haettaisiin siinä tilanteessa erikseen lupaa.

Kalvorakenteen valintaperusteet

Sivukivialueen KL2 sulkemisessa on päädytty käyttämään peittorakenteen tiivisrakenteena geosynteettistä materiaalia, 1,5 mm paksuista LLDPE-kalvoa (matalatiheysinen polyeteeni, linear low density polyethylene). LLDPE-kalvo on joustava ja kestää mahdollisia muodonmuutoksia paremmin kuin esimerkiksi pohjarakenteessa käytetty HDPE-kalvo (korkeatiheysinen polyeteeni, high density polyethene). Joustavuudesta on etua myös kylmissä lämpötiloissa. LLDPE-kalvo ei myöskään ole yhtä herkkä jännityssäröilylle eli vetojännitysten aiheuttamalle muovin ulkoiselle tai sisäiselle murtumalle kuin HDPE-kalvo. Sitä on myös paremman levitettävyytensä vuoksi helpompi käsitellä rakennettaessa kuin HDPE-kalvoa. LLDPE-kalvo kestää happamia olosuhteita, mutta sen kemiallinen kestävyys ei ole yhtä hyvä kuin HDPE-kalvon. (Suomen ympäristökeskus 2002) Peittorakenteen osana LLDPE-kalvo ei kuitenkaan altistu yhtä suurelle kemialliselle rasitukselle kuin pohjarakenteessa, kanaaleissa tai suotovesialtaissa käytetty kalvo.

Käytettävän peittorakenteen suorituskyvyn tulee olla riittävä sekä pian sulkemisen jälkeisissä olosuhteissa että pitkällä aikavälillä. Näiden tarkasteltavien olosuhteiden ajanjaksot voivat poiketa huomattavasti toisistaan esimerkiksi sääolosuhteiden suhteen. Mineraalisten tiiviskerrosten käytön haasteena on tiiviskerroksen riittävän kosteuspitoisuuden säilyttäminen olosuhteista riippumatta optimaalisena tiiviskerroksen läpi kulkeutuvan happivuon ja vesimäärän rajoittamiseksi. Tiiviskerroksen läpi kulkeutuvan happivuon määrä riippuu merkittävästi peittorakenteen suhteellisesta kosteudesta kuten peittorakenteen mallinnuksen tuloksista on huomattavissa. Mineraalisen tiiviskerroksen suhteelliseen kosteuteen vaikuttavat sääolosuhteet mutta myös alempien kerrosten eli sivukivitäytön hyvä vedenjohtavuus. Mineraalisen tiiviskerroksen rakoilu kuivumisen seurauksena heikentää sen toimivuutta. Mineraalinen tiivistyskerros on myös merkittävästi herkempi roudan ja kasvien juuriston vaikutuksille kuin geosynteettinen materiaali.

Peittorakenteen muut kerrokset

Suunnitellulle kalvorakenteelle on tehty sylinteritestit, joiden tulosten perusteella on arvioitu rakennusvaiheessa oletettujen liikennekuormien alla olevalle LLDPE-kalvolle tarvittavaa suojausta. InfraRYL:ssä esitetyt vaatimukset suojakerroksen paksuudesta eivät huomioi rakenteessa käytettävien suojageotekstiilien vaikutusta.

Liikennekuormiksi arvioitiin dumpperien ja mahdollisten muiden ajoneuvojen dynaaminen ja staattinen kuormitus. Koska kalvorakenteelle ai-

heutuu vain tilapäistä liikennekuormitusta ja vain vähän pysyvää kuormitusta peittorakenteesta, sylinteritesteissä käytettiin 100 tunnin kuormitustestää.

Testien tulokset osoittavat, että riittävä suojausvaikutus LLDPE-kalvolle tilapäisen liikennekuormituksen alaisena saatiin käyttämällä LLDPE-kalvon alla 400 mg/m^2 suojageotekstiiliä ja päällä kaksipuoleista salaojamattoa Fabrinet ST-E B120. Suojageotekstiilin alla käytettävän materiaalin tulee olla kalliomursketta 0/63 tai rakeisuudeltaan hienompaa mursketta. Salaojamaton päällä käytettävän materiaalin tulee olla kalliomursketta 0/32 tai rakeisuudeltaan tätä hienompaa. Salaojamaton päällä olevan suojakerroksen tulee olla paksuudeltaan yhteensä vähintään 700 mm riittävän suojausvaikutuksen varmistamiseksi. Vaikka sylinteritesteissä on käytetty sileäpintaista LLDPE-kalvoa, tulokset ovat voimassa myös kitkapinnoitetulle LLDPE-kalvolle. Kitkapinnoite todennäköisesti vain lisää kalvon kestävyyttä reikiintymistä vastaan.

Edellä mainittujen testien lisäksi suoritettiin sylinteritesti huomattavasti suuremmalla kuormituksella, jonka tulosten perusteella LLDPE-kalvoon ei valitulla suojausrakenteella vaurioitu, vaikka rakentamisen aikana kuormitus olisikin hetkellisesti arvioitua suurempaa.

Peittorakenteessa käytettävän LLDPE-kalvon kitkaominaisuuksien riittävyyttä luiskissa on arvioitu materiaalitoimittajan lausunnossa. Arviointi on tehty lausunnossa mainituille tuotteille (LLDPE-kalvona on käytetty Black FictionFlex 1,5 mm -tuotetta ja salaojamattona Fabrinet ST-E B120 -tuotetta). LLDPE-kalvon kitkakulmaksi on arvioitu vähintään 34 astetta salaojamaton ja suojageotekstiilin välillä huomioiden 0,7 m paksun maakerroksen salaojamaton päällä, lumikuormituksen sekä tilapäisen liikennekuorman. Tämä on riittävä asennettaessa materiaalit 1:3 ($18,4^\circ$) kaltevuuteen, kun rakenne on rakennettu suunnitellusti ja kuivatuserros toimii suunnitellulla tavalla. Salaojamaton vedenjohtokyky ja sisäinen leikkauslujuus on todettu riittävän korkeiksi ja toimiviksi suunnitellussa rakenteessa.

Peittorakenteen pitkäaikaiskestävyys

Peittorakenteen pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttavat valitut materiaalit, suunnitteluratkaisut sekä alueen jälkikäyttö. Peittorakenteen pitkäaikaiskestävyyttä tarkasteltaessa on huomioitava peittorakenteeseen kohdistuva:

- hydraulinen kuormitus
- pitkä- ja lyhytaikainen fysikaalinen kuormitus
- stabiliteetti
- kemiallinen kuormitus
- biologinen kuormitus ja
- ilmastollinen kuormitus.

Alla on omassa alakappaleessaan tarkasteltu erikseen erityisesti tiivisrakenteena toimivan LLDPE-kalvon pitkäaikaiskestävyyttä.

Hydraulinen kuormitus

Rakenteessa oleva vesi voi kuormittaa peittorakennetta etenkin jäätyessä tai virtauksen aiheuttaessa eroosiota. Kuivatuseros vähentää tiivisrakenteena toimivaan kalvoon kohdistuvaa hydraulista kuormitusta. Jäätymisen ja eroosion vaikutusta peittorakenteen pitkäaikaiskestävyyteen on tarkasteltu jäljempänä.

Fysikaalinen kuormitus

Pitkä- ja lyhytaikainen fysikaalinen kuormitus aiheutuu esimerkiksi peittorakenteen omasta painosta, liikennekuormista sekä mahdollisista paikallisista sortumista. Peittorakenteen oma paino ja arvioidut liikennekuormat on huomioitu peittorakenteen rakennekerrosten ja materiaalivalintojen suunnittelussa. Paikallisten sortumien todennäköisyys sulkemisen jälkeen on pieni, sillä sivukivitäyttö kiilataan ennen peittorakenteen rakentamista ja sivukiven läjittämisen ja peittorakenteen rakentamisen välillä on kulunut sen verran aikaa, että täyttö on ehtinyt asettua paikalleen mm. liikennekuormituksen alaisena.

Myös alueen jälkikäyttö vaikuttaa peittorakenteeseen kohdistuvaan fysikaaliseen kuormitukseen: kuormitusta voi aiheutua esimerkiksi liikenteestä, mahdollisista rakennelmista ja peittorakenteen ylläpidosta ja huollosta. Jälkikäyttö suunnitellaan niin, että se ei vaaranna peittorakenteen toimintaa.

Stabiiliteetti

Peittorakenteen vakavuuden kannalta oleellisin stabiiliteetti on luiskastabiiliteetti ja vaarallisin liukupinta sijaitsee usein geosynteettisten tuotteiden välissä. Kokonaisstabiiliteetti taas käsittää sivukivitäytön kokonaisvakavuuden.

Koska sivukivitäyttö on perustettu kantavan pohjamaan tai louheesta tehdyn massanvaihdon päälle, joten riskiä sivukivitäytön sortumalle pohjamaan kautta tai sivukivitäytön merkittävälle painumille ei ole. Sivukivitäyttö on tehty louheesta ja täyttöä on tehty kerroksittain, joten viimeistään louhetäytön kiilauksen jälkeen voidaan louheen olettaa olevan lähtökohtaisesti stabiilissa tilassa. Riskiä isommille muodonmuutoksille louhetäytön liikkumisen seurauksena ei siis ole.

Sivukivialueen luiskastabiiliteetti ja sen kokonaisstabiiliteetti on myös tarkasteltu osana sivukivialueen ja sen sulkemisen suunnittelua, ja vakavuus on todettu laskelmien perusteella riittäväksi suunnitelluilla rakenteilla.

Kemiallinen kuormitus

Peittorakenteeseen voi kohdistua kemiallista kuormitusta lähinnä vain peittorakenteessa käytetyistä kontaminoituneista maakerroksista. Sivukivialueen KL2 sulkemisessa käytetään vain puhtaita maa- ja kiviaineksia tiivisrakenteena toimivan LLDPE-kalvon päällä.

Biologinen kuormitus

Pintamaakerroksessa kasvavien kasvien juuret voivat aiheuttaa biologista kuormitusta peittorakenteeseen ja erityisesti sen tiiviskerrokseen. Esitetyssä peittorakenteessa käytettävä LLDPE-kalvo ei kuitenkaan ole herkkä kasvien juurien aiheuttamalle kuormitukselle, sillä geosynteettisellä kalvolla on erittäin hyvä kestävyys kasvien juuria vastaan. Materiaalintoimittaja Solmax Oy:n lausunnossa on todettu, että LLDPE-kalvo kestävyys juuria vastaan on riittävä, joten peittorakenteen päälle kasvava kasvusto ei heikennä kalvon pitkäaikaiskestävyyttä. Tiivistyskalvon kestävyys on tutkittu standardin DIN EN 13948 ja FLL-menetelmän mukaisesti.

Pintakerroskasvillisuuden vaikutusta kalvorakenteeseen ja salaojamaton toimivuuteen on selvitetty vuosina 2011–2012 sekundäärialueen lohkon 1 luiskaan rakennetun kalvokoerakenteen avauksen avulla (Soil-metric Oy 2023). Rakenteen avaamisen tarkoituksena oli selvittää:

- pintakerroskasvillisuuden juuriston syvyyttä, tiheyttä ja vaikutusta salaojamaton toimivuuteen
- syväjuurisen männyn juuriston vaikutuksia salaojamattoon ja tiivisrakenteena toimivaan kalvoon
- HDPE-kalvon ja bentoniittimaton laatua ja toimivuutta.

Selvityksen yhteydessä avatun koerakenteen VE1 (kalvorakenne) kohdalla havaittiin, että koerakenteen kasvukerrokseen on muodostunut luontaisesti kasvillisuutta kuten ruohovartisia kasveja ja varpuja sekä noin 1,5 m korkeita männyntaimia. Pintakerrosmateriaalina koerakenteessa on käytetty 500 mm:n kerrosta seulottua moreenia. Kasvukerros oli runsasjuurinen ja paksuudeltaan noin 10 cm. Varsinaisia maannoskerroksia ei ollut muodostunut. Juuririhmaston määrä ei ollut niin tiheä, että se olisi vaikuttanut salaojamaton kykyyn johtaa vettä. Männyn taimen pääjuuri kasvoi voimakkaasti sivusuuntaan eikä ulottunut pintakerroksen alla olevaan salaojamattoon ja HDPE-kalvoon. HDPE-kalvon pinta oli ehjä.

Biologista kuormitusta voidaan vähentää myös niukkaravinteisilla rakenekerroksilla sekä tarvittaessa puuston poistamisella.

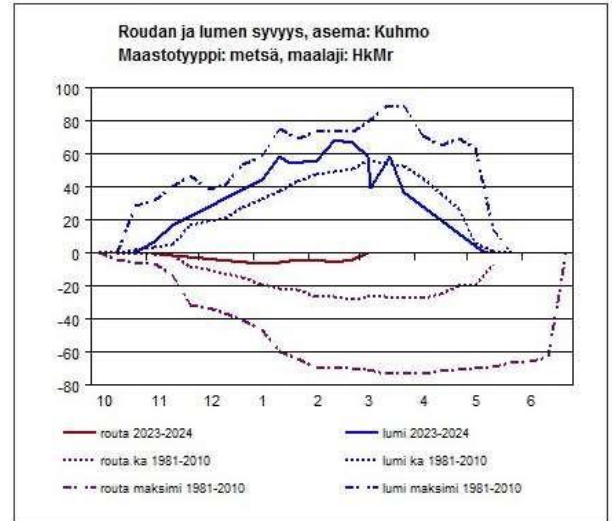
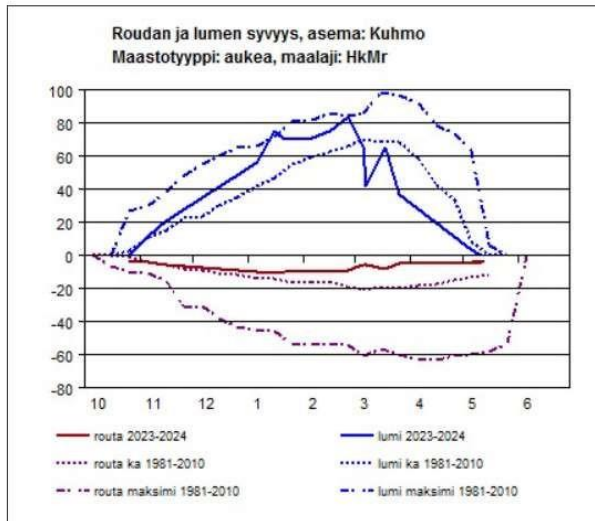
Ilmastollinen kuormitus

Peittorakenteeseen voi aiheutua ilmastollista kuormitusta erityisesti roudasta, tuulesta ja sateesta sekä auringon ultraviolettisäteilystä.

LLDPE-kalvo on valmistettu polyeteenistä, mikä itsessään materiaalina kestää hyvin myös alhaisia lämpötiloja. On jopa arvioitu, että alhaisemmat lämpötilat voivat edesauttaa geomembraanin kestävyyttä (Garrick et al. 2014). Esitetyssä peittorakenteessa LLDPE-kalvon päälle tulee yhteensä 700 mm paksu kerros maa-aineksia. Lisäksi suljettua sivukivialuetta ei aurata talvisin, vaan lumipeite toimii tehokkaana eristeenä ja vähentää maakerrosten routaantumista. Roudan syvyys Kainuussa on

Suomen ympäristökeskuksen havaintojen perusteella seuraavassa kuvassa esitettyjen kuvaajien mukainen: syvimmillään routa on mittauspisteellä ulottunut aukealla alueella yli 600 mm syvyydelle ja metsässä lähes 800 mm syvyydelle. Roudan syvyyden keskiarvot ovat huomattavasti matalammat. Suljetun sivukivialueen arvioidaan edustavan enemminkin aukeaa maastotyyppiä kuin metsää.

Seuraavissa kuvissa on esitetty roudan ja lumen syvyyttä metsässä ja aukeassa maastossa Kuhmossa.



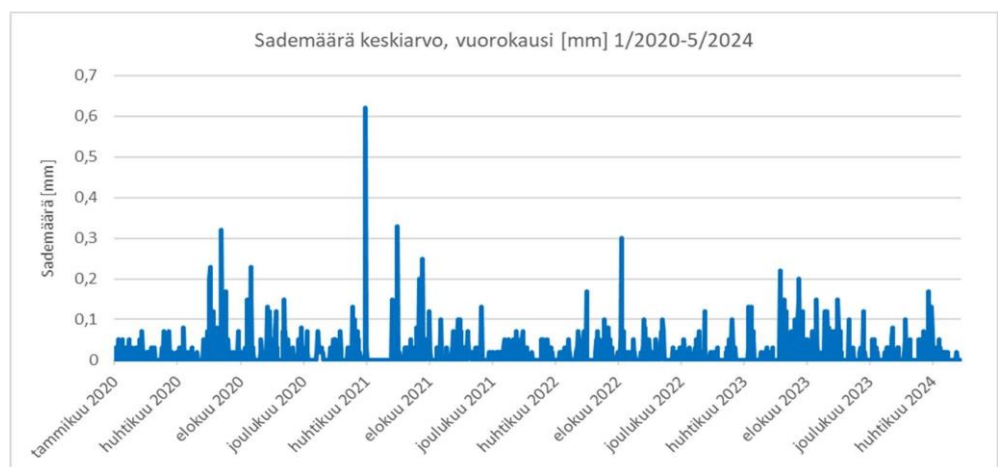
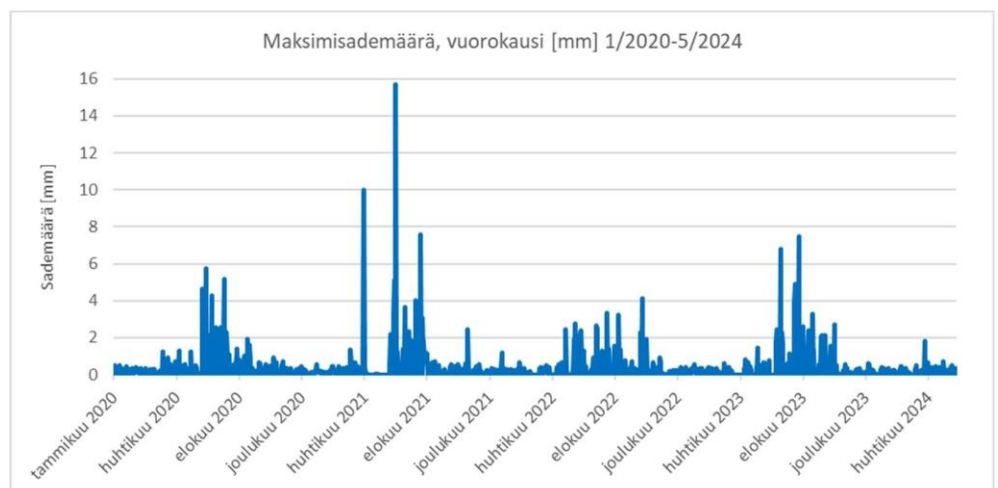
Vuonna 2018 rakennetuissa koerakenteissa seurattiin myös koerakenteiden lämpötiloja. Kalvon sisältävän koerakenteen (VE1) mittauksista voitiin päätellä, että ainakaan mittausajankohtana kalvo ei jäätnyt talvellakaan. Kalvon päällä oli kyseisessä koerakenteessa 300 mm mursketta ja 500 mm turve-moreeniseosta.

Jos kalvon asentaminen tehdään alle +5 °C:n lämpötilassa, tulee kalvon asentamisesta tehdä erillinen asennussuunnitelma. Tämä liittyy rakennettavuuteen, sillä ilman lämpötila vaikuttaa erityisesti kalvon levitettävyyteen. Kalvorakenteen arvioidaan kestävän jäätymistä huomattavasti paremmin kuin mineraaliset tiivistyskerrokset kestävät jäätymis-sulamis-sykliä. Mineraalisen tiivistyskerroksen toimivuuden kannalta routimisen aiheuttavat vauriot voivat olla merkittäviä, koska jäätymis-sulamis-sykliä voivat kasvattaa rakenteen vedenläpäisevyyttä moninkertaisesti. (Suomen ympäristökeskus 2002)

Eroosioon vaikuttavia tekijöitä ovat sateen voimakkuus, kesto aika, sateen suunta, vesipisaroiden koko ja pintamaakerroksen ominaisuudet, kuten raekoko ja maa-ainesten sidokset. Eroosioherkkiä maita ovat erityisesti silttiset maat. Vesieroosiota tapahtuu sekä pintaeroosiona että uomaeroosiona. Pintaeroosiossa sade irrottaa hienoja maa-aineksia pintamaakerroksen pinnalta ja vesi kuljettaa niitä mukanaan. Rankkasateen aiheuttama äkkiä kasvanut virtaama vähenee yleensä nopeasti ja eroosiohuippu jää tyypillisesti lyhytaikaiseksi. Uomaeroosiossa vesi liikkuu eteenpäin kuluttaen itselleen uomaa.

Pintamaakerroksen eroosioriski on suurimmillaan juuri rakentamisen jälkeen, jolloin peittorakenne ei ole vielä kasvittunut. Kasvillisuus vaimentaa sadepisaroiden iskujen voimaa huomattavasti, mikä jo itsessään vähentää pintaeroosiota. Lisäksi kasvien juuristo sitoo pintamaakerroksen maahiukkasia yhteen, jolloin pintamaakerroksen eroosion kestävyys kasvaa. Pintamaakerroksessa käytettävää maalajia jopa tärkeämpää siis on, että peittorakenne kasvittuu mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti. Koska suurin eroosioriski on peittorakenteen rakentamista seuranneina vuosina ennen peittorakenteen kasvittumista, voidaan tilannetta seurata ja mahdolliset eroosioauriot korjata. Tarvittaessa voidaan käyttää jopa erillistä eroosiosuojausta, jos se koetaan tarpeelliseksi peittorakenteen toiminnan varmistamiseksi.

Eroosioriskiä voidaan arvioida myös koerakenteista tehtyjen havaintojen avulla. Alla olevissa kuvissa näkyvät tiedot Tuhkakylän sääaseman vuorokauden maksimisademäärästä ja vuorokauden sademäärien keskiarvoista vuoden 2020 tammikuusta vuoden 2024 toukokuuhun (FMI 2024). Vuonna 2021 oli yksittäisiä päiviä helmi-huhtikuun ajalta, jolloin sääasemalta ei ole mittausdataa saatavilla kyseiseltä päivältä.



Koerakenteissa ei ole havaittu merkittäviä eroosiovaurioita niinäkään ajanjaksoina, jolloin sadanta on ollut huomattavasti tavallista suurempaa. Eroosiovaurioiden seuranta on tehty maastokatselmuksin, satelliittiperustaisen seurannan avulla, dronella tehdyissä ilmakuvauksissa sekä kalvotetun koerakenteen liikeseurannan avulla. Liikeseuranta tehtiin vuonna 2021 rakennetun kalvotetun koerakenteen luiskaan asetetusta kuudesta pisteestä. Mittalaitteen ja silmämääräisen keskipisteen määrittämisen mahdollistaman tarkkuuden puitteissa voidaan todeta, ettei rakenne ole liikkunut seurantajakson aikana havaittavasti. Kalvorakenteen liikeseurannan raportti on toimitettu lupahakemuksen liitteenä.

Koska tiivisrakenteena käytetty LLDPE-kalvo peitetään sekä salaojamatolla että 700 mm paksulla maakerroksella, ei auringon ultraviolettisäteilyn arvioida aiheuttavan riskiä kalvon ennenaikaiselle vanhenemiselle.

Ilmastonmuutoksen arvioitu vaikutus pitkäaikaiskestävyyteen

IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) kokoamien päästöskenaarioiden avulla voidaan arvioida ilmastonmuutoksen vaikutuksia vuosisadan loppupuolelle saakka. IPCC:n viidennen arviointiraportin julkaisuaikoina eli vuosina 2013–2014 laadittiin RCP-skenaarioita (Representative Concentration Pathways), jotka keskittyvät yksinomaan kasvihuonekaasupäästöjen kehitykseen (Ruosteenoja et al., 2016). Uusimassa arviointiraportissa, joka on julkaistu vuosina 2021–2022, on laadittu uudet, osittain RCP-skenaarioita vastaavat SSP-skenaariot (Shared Socioeconomic Pathways). SSP-skenaarioissa otetaan huomioon sosioekonomisia muutoksia esimerkiksi väestön, talouskasvun ja kaupungistumisen osalta, joilla on merkittäviä vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin ja sitä kautta ilmastonmuutoksen kehitykseen.

RCP-skenaarioita on neljä erilaista. Näistä RCP2.6 on optimistisin, ja sen mukaan päästöt kääntyisivät selkeään laskuun 2020-luvun aikana, ja hiilinegatiivisuus saavutetaan vuosisadan loppupuolella. Maapallon keskilämpötila olisi päästöjen radikaalista vähenemisestä huolimatta hieman korkeampi kuin Pariisin ilmastopimuksen 1,5°C tavoite. RCP4.5-skenaariossa päästöt ovat aluksi kasvussa, mutta ne kääntyvät laskuun 2040-luvun tienoilla, ja maapallon keskilämpötila kohoaa vuosisadan lopulla noin 2–3°C esiteolliseen aikaan verrattuna. RCP6.0-skenaariossa päästöt ovat tasaisessa kasvussa vuoteen 2080 saakka, minkä jälkeen päästöt vähenevät. RCP8.5-skenaariossa mukaan päästöt kasvavat samaan tahtiin kuin nykyisellä toiminnalla, eli päästömäärät eivät käännä laskuun kuten muissa skenaarioissa, ja keskilämpötila kohoaa vuosisadan lopulla yli 4°C esiteollisesta ajasta.

SSP-skenaarioita on yhteensä 5, ja näistä SSP1-2.6, SSP2-4.5 ja SSP5-8.5 vastaavat käytännössä RCP-skenaarioita RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5 (Ruosteenoja & Jylhä, 2021). Näiden lisäksi on skenaariot SSP1-1.9 ja SSP3-7.0. SSP1-1.9 on kaikista optimistisin skenaario, ja tämän toteutumiseksi hiilineutraalius tulisi saavuttaa globaalisti vuoteen 2050 mennessä. Tämän skenaarion mukaan olisi mahdollista saavuttaa Pariisin ilmastopimuksen mukainen tavoite. Skenaario SSP3-7.0 on

niin kutsuttu vaarallinen skenaario, jonka mukaan hiilidioksidipäästöt tuplaantuvat vuoteen 2050 mennessä. Tämän skenaarion päästömäärät ovat hieman pienemmät kuin RCP8.5-skenariossa, mutta maapallon keskilämpötila tulee kohoamaan yli 3°C esiteollisesta ajasta.

Ilmastoskenaarioiden avulla voidaan arvioida muun muassa lämpötiloja ja sadantojen määriä tulevaisuudessa. Skenaarioiden toteutumiseen ja todennäköisyyteen liittyy useita epävarmuustekijöitä, minkä vuoksi ei voida varmasti ennustaa, millainen ilmasto Suomessa tarkalleen on tulevaisuudessa. Yleisesti voidaan todeta, että Suomessa sademäärät kasvavat erityisesti talvisin, ja rankkasateet voimistuvat erityisesti kesäisin (Jylhä et al. 2009). Kainuun alueella keskimääräinen sademäärä kasvaa etenkin talvisin, ja sadepäivien määrä lisääntyy erityisesti talvisin ja syksyisin. Rankkasateiden voimakkuus tulee lisääntymään kaikin vuodenaikoina, ja lisäksi sateettomien poutajaksojen pituus lyhenee talvisin ja syksyisin.

SSP2-4.5 skenaarion mukaan Pohjois-Suomessa lämpötilat kohoavat erityisesti talvisin, ja esimerkiksi vuosina 2070–2099 lämpötila on talvi-kuukausina noin 4°C korkeampi suhteessa vertailujaksoon 1981–2010. Kesäisin lämpötilan muutos on pienempi, mutta alkukesäisin muutosta on sadannan osalta; skenaarion mukaan sadanta voi kasvaa Pohjois-Suomessa 20 % vuosina 2070–2099.

RCP8.5:n eli suurien päästöjen skenaarioiden mukaan Kainuun alueella vuoden valuntasumat tulevat vuosina 2010–2099 kasvamaan keskimäärin 0–20 % suhteessa nykytilanteeseen. Lämpötilan arvioidaan kohoavan yli 5°C verrattuna vertailukauteen 1981–2020.

Roudan määrä yleisesti vähenee Suomessa, kun lämpötilat kohoavat ilmastomuutoksen vaikutuksesta. Pohjois-Suomessa tämä muutos on pienempää kuin Etelä-Suomessa (Jylhä et al. 2009). Mallitulosten välillä on eroavaisuuksia, joten tarkkoja roudan paksuuksia on hankala ennustaa, mutta Pohjois-Suomessa on ennustettu routakerroksen ohenevan noin 30–40 % nykytilanteesta vuosisadan loppupuolella.

Edellä on kuvattu eri ilmastomuutosskenaarioita ja miten niiden arvioidaan vaikuttavan esimerkiksi lämpötiloihin ja sadantoihin tulevaisuudessa. Rankkasateiden voimakkuus lisääntyy ja sadannan määrä voi kasvaa jopa 20 % nykytilanteesta. Lämpötilan noustessa roudan syvyys voi pienentyä, mutta toisaalta jos sade talvisin tulee useammin vetenä kuin lumena, paksun lumipeitteen vaikutus roudan syvyyteen voi myös vähentyä. Voidaan kuitenkin olettaa, että roudan syvyys ei ainakaan merkittävästi kasva ilmastomuutoksen seurauksena.

Voimistuneiden rankkasateiden vaikutuksesta riski pintamaakerroksen eroosiolle voi kasvaa, mutta on erittäin todennäköistä, että pidemmällä ajanjaksolla tarkasteltuna suljettu sivukivialue on jo hyvin kasvittunut, jolloin riski eroosiolle vähenee merkittävästi.

Kalvon pitkäaikaiskestävyys

Tiivistyskalvot on suunniteltu pitkäikäisiksi. Sekä HDPE- että LLDPE-kalvoja käytetään laajasti ympäri maailman erilaisissa ympäristönsuojelurakenteissa.

HDPE- ja LLDPE-kalvot on valmistettu polyeteenistä, joiden yksinkertainen polyeteeniketjurakenne koostuu hiilestä ja vedystä. Polyeteenissä ei ole sidoksia, jotka ovat herkkiä kemikaalien vaikutuksille, eikä polyeteenissä ole ainesosia, jotka voisivat esimerkiksi huuhtoutua pois olosuhteiden vaikutuksesta. LLDPE-kalvo ei ole rakenteensa perusteella herkkä jännityssäröilylle.

Yksinkertaisen polyeteeniketjurakenteen vuoksi sekä HDPE- että LLDPE-kalvoon ainoa vaikuttava vanhenemismekanismi on hapettuminen. Hapettumisessa polyeteeniketjut katkeavat vapaiden radikaalien vaikutuksesta, jolloin syntyy lyhyempiä polymeerejä ja kalvo haurastuu. Sekä HDPE- että LLDPE-kalvossa on mukana antioksidantteja, jotka estävät hapettumista. Kalvon sisältämien antioksidanttien ehdyttyä, kalvon teknisten ominaisuuksien heikentyminen hapettumisen seurauksena alkaa. Heikentyminen vie kuitenkin merkittävästi aikaa. Hapettuminen voi tapahtua lämmön tai UV-säteilyn vaikutuksesta, joten kalvon pitkäikäisyyttä lisäävät myös matalat lämpötilat, kalvon UV-suojaus ja kalvon peittäminen.

Erilaisten synteettisten kalvojen kestävyyttä on tutkittu laboratoriokokein ja toteutetuista kohteista. Tutkimusten tärkein lopputulos lienee, että onnistuneen kalvon rakentamisessa tärkeintä on hyvä rakentamisen aikainen laadunvarmistus. Kalvojen kulumiseen liittyvän reikien muodostumisen arviointi jää ennusteiden varaan, koska pitkän aikaa (>100 vuotta) toiminnassa olleita kalvorakenteita ei ole olemassa. Alla arvioidaan mahdollisia pitkällä aikavälillä tapahtuvia muutoksia kalvorakenteessa kaatopaikoilla käytetyn konseptualisoinnin mukaan. Tässä oletetaan, ettei rakentamisen jälkeen tapahdu merkittäviä kalvorakennetta heikentäviä tapahtumia kuten sivukivien liikunnat (rinteen sortumat tai stabiloitumiseen liittyvä pinnan aleneminen), veden aiheuttama eroosio (suojakerroksen kulumisen pois) tai vandalismi. Terrafamen peittorakennekoikeissa ei ole havaittu kasvillisuuden, kuten puiden juurten, aiheuttavan reikiintymisen riskiä kalvorakenteille. Juuret kasvavat pinnan myötäisesti, kuten lupahakemuksessa todetaan. Myöskään kauemmin (>20 v) peitettynä olleiden sivukivialueiden tutkimuksissa on todettu, että puiden juuret eivät lävistä tiivisrakenteita (esim. Pyhäsalmi).

Kaatopaikkojen pohjarakenteiden läpivirtaaman mallinnuksessa tarkastellaan satojen vuosien aikajaksoja (Environmental Agency, 2004). Näissä hyvin pitkiä ajanjaksoja tarkastellaan kalvon reikien määrän lisääntymisen ja jätteen stabiloitumisen näkökulmasta. Taulukossa 21 esitetään eräs arvio reikien muodostumisesta iän myötä (reikää/hehtaari). Kyseessä on HDPE-pohjakalvo, mutta tuloksia voidaan soveltaen käyttää myös LLDPE-kalvon tarkasteluun. Kalvon asentamisen aikana

muodostuvien reikien määrä arvioidaan käytettyjen laadunvarmistustekniikoiden perusteella: taulukossa 21 annetaan vaihteluväli ”erittäin hyvän” ja ”keskimääräisen” skenaarion välillä. Vaihe 2 on nimetty ”täyttö”, koska tässä vaiheessa kaatopaikka täytetään, peittorakenteen osalta tätä vaihetta voidaan soveltaa kalvon yläpuolisen peittorakenteen rakentamiseen. Vaiheessa 3 kalvo toimii suunnitellusti, sen kesto riippuu kalvon laadusta. Vaiheessa 4 ja 5 alkavat kalvon ominaisuuksien heikkenemisestä johtuvat reiät muodostua. Ne ovat laadultaan hieman erilaisia kuin rakentamisvaiheeseen liittyvät. Vaiheessa 4 rakoja muodostuu lähinnä liittyen jännitysten purkautumiseen. Näiden muodostuminen on selkeästi vähäisempää LLDPE-kalvon tapaisissa joustavissa materiaaleissa kuin HDPE-kalvoissa. Vaiheessa 5 oletetaan alkavan hapettumisen aiheuttamien vaurioiden muodostuminen. Tämän alkamis aika riippuu antioksidanttien määrästä ja kulumisesta, sekä lämpötilasta. Sivukivialueen KL2 peittorakennetta suojaavat UV-valolta päällä olevat kerrokset, lämpötilan oletetaan pysyvän matalana. Environmental Agency (2004) mukaan 15°C lämpötilassa kestää 1500–2100 vuotta ennen kuin hapettumisen vaikutukset alkavat näkyä kalvossa. 5°C lämpötilan nousu vähentää ajan 900–1300 vuoteen. Tätä alhaisempia lämpötiloja ei ole huomioitu, koska kyseessä olivat kaatopaikkojen pohjarakenteet. Uusissa tutkimuksissa ei ole havaittu suuria eroja HDPE- ja LLDPE-kalvojen luontaisen eroosionopeuden välillä (Ojeda et al., 2011 ja Felgel-Farnholz et al., 2023). Tämän tulkinnan mukaan kestää useita satoja vuosia ennen kuin LLDPE rakenteen hapettuminen ja siitä johtuva rakojen muodostuminen alkaa.

Seuraavaa taulukkoa ei voi siis suoraan soveltaa peittorakenteiden LLDPE-kalvoihin, mutta se antaa konseptualisella tasolla käsityksen kalvojen pitkäaikaiskehityksestä ja reikien muodostumisesta. Seuraavassa taulukossa on esimerkki kalvorakenteiden pitkän ajan suorituskyvyn arviointiin käytetystä vaiheittaisesta tarkastelusta. Kyseessä on HDPE-pohjakalvo, jossa jännitysrakoilua muodostuu helpommin kuin LLDPE-kalvoissa. Hapettumisesta aiheutuvien vaurioiden esiintyminen sen sijaan saattaa olla yleisempää LLDPE-kalvoissa kuin HDPE-kalvoissa.

	Vaihe 1		Vaihe 2		Vaihe 3		Vaihe 4		Vaihe 5	
	rakentaminen		täyttövaihe ~1–5 v		lyhyt aika 10–50 v		pitkä aika, jännitysrakoilu		pitkä aika, hapettumisen vauriot	
	vaiheen aikana	kumulatiivinen	vaiheen aikana	kumulatiivinen	vaiheen aikana	kumulatiivinen	vaiheen aikana	kumulatiivinen	vaiheen aikana	kumulatiivinen
Pienet reiät	0–5	0–5	1–10	1–15	0	1–15	0	15	0	15
Reiät	0–2	0–2	1–5	1–7	0	1–7	0	7	0	7
Repeämät	0	0	0–3	0–3	0	0–3	0	3	0	3
Raot	0	0	0	0	0	0	10–40	10–40	20–60	30–100

Materiaalintoimittaja Solmax Oy on arvioinut peittorakenteessa käytettävän LLDPE-kalvon pitkäaikaiskestävyyttä lausunnossaan. Tehtyjen tutkimusten ja kenttäkokeista saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että 1,5 mm paksun HDPE-kalvojen arvioitu käyttöikä kohtalaisissa lämpötiloissa (20 °C) on 446 vuotta. HDPE-kalvon ja LLDPE-kalvon samanlaisen rakenteen vuoksi LLDPE-kalvolla arvioidaan saavutettavan sama käyttöikä eli useita satoja vuosia. Environmental Agency (2004) mukaan synteettisten kalvojen hapettumisen alkaminen liittyy materiaalissa olevien antioksidanttien kulumiseen ja loppumiseen. Prosessin käynnistymisen ajankohta riippuu lämpötilasta. Lämpötilan kasvaminen nopeuttaa hapettumisen alkamisajankohtaa. Sivukivikasan pintarakenteen keskilämpötilan oletetaan olevan 5–10 °C, eli käyttöiän pitäisi olla huomattavasti pidempi kuin mainittu 446 vuotta. Erityisen tärkeää on kuitenkin oikein tehty, ammattitaitoinen asennus.

Sivukivialueilla ei toiminnan aikana havaittu merkittävää lämpenemistä eikä riskiä kasapaloille. Sivukivialueelle läjitetyn sivukivilouheen reagoiva pinta-ala on huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi primääriliuotusalueille sijoitetun sulfidimalmin eikä sivukivitäyttöön puhalleta ilmaa kuten primääri- tai sekundääriliuotuskasoihin. Todennäköisyys, että hapenkulkeutumisen estyttyä läjitykseen tapahtuisi kalvonrakennetta heikentävää lämpenemistä on erittäin pieni. Savupiippuilmion syntyminen jo peitetyllä sivukivialueella vaatisi huomattavia vauriota samanaikaisesti sekä alueen reunoilla että päällä. Tällaisten laaja-alaisten vaurioiden ei arvioida olevan mahdollisia normaalin toiminnan myötä, vaan ne vaatisivat syntyäkseen huomattavia ulkoisia vaikutuksia.

Kuten yllä on mainittu, sivukivitäytössä ei ole toiminnan aikana todettu kasapaloja tai tunnistettu olennaista lämmönmuodostumista eikä peittorakenteen materiaalivalinnoissa ole arvioitu olevan tarvetta merkittävän lämpenemisen huomioimiselle. Sivukivialueen vaihteittaisella sulkemisella pyritään sivukivitäytön mahdollisimman nopeaan sulkemiseen, jolloin myös osa hapenkulku sivukivitäyttöön estyy. Sivukivialueen pohjarakenteen suunnittelussa mahdollinen lämmöntuotto on otettu rakennekerrosten suunnittelussa huomioon. Sivukivialueen pohjarakenteessa kalvon ja sivukivitäytön väliin on toteutettu suojatäyttö, joka toimii myös lämpöä eristävänä kerroksena kalvon päällä, joten kalvon ominaisuuksia muuttava poikkeuksellisen korkea lämpötila kalvolla olisi kasapalon sattuessakin epätodennäköinen.

Peittorakenteen pitkäaikaiskestävyyden seuranta

Suotoveden määrän ja laadun tarkkailulla voidaan arvioida kalvojen toimintaa. Sivukivialueella KL2 tarkkaillaan pohjakalvon yläpuolelta kerättävää suotovettä sekä pohjakalvon alapuolella olevaa vettä. Kuten lupahakemuksessa todetaan, pohjan alapuoliset kaivot ovat usein kuivia johtuen pohjakalvon läpi pääsevän veden vähyydestä eli kalvo toimii hyvin. Pitoisuudet pitäisi aina tulkita suhteessa vesimäärään, sillä veden määrän supistumiseen liittyvä pitoisuuksien nousu kertoo eri asioista kuin pitoisuuksien nousu vesimäärän pysyessä samana. Pohjakalvon toimiessa tasalaatuisesti sen yläpuolelta kerättävä suotovesi kertoo

peittorakenteen toiminnasta ja mahdollisista muutoksista. Tähän liittyvä monitorointi on otettu huomioon sulkemiseen liittyviä kaivosvakuuksia määritettäessä.

Sivukivialueen KL2 sulkemisen jälkeen on mahdollista seurata peittorakenteen toimintaa suhteessa toimintatavoitteisiin ja niiden saavuttamiseen, sekä esimerkiksi vesieroosion vaikutuksia kalvon kestävyysnäkökulmasta. Näitä tuloksia voidaan käyttää peittorakenteen optimoinnissa ja mahdollisessa parantamisessa niin sivukivialueen KL2 kannalta kuin tulevaisuudessa käyttöönotettavien ja peitettävien sivukivialueiden osalta. Tältä osin Terrafamen käyttämä jatkuvan sulkemisen strategia on suositeltava ja parempi kuin monella muulla kaivoksella, jossa sulkemisen jälkeisiä mahdollisia riskejä ei pystytä tuotannon toiminta-aikana arvioimaan. Kaivosvastuun määräytymisessä ei ole tyypillisesti otettu huomioon peittorakenteen parantamiseksi hypoteettisesti tulevaisuudessa tehtäviä korjaavia toimenpiteitä tarkkailuun sisältyvän vastuun lisäksi. Peittorakenteen kyseessä ollessa korjaavien toimenpiteiden tekeminen kuitenkin on helpommin suoritettavissa kuin pohjarakenteisiin liittyvät korjaukset. Environmental Agency (2004) mukaan oletettavimmat peittorakenteiden rikkonaisuudet liittyvät harvoin itse LLDPE-kalvon kulumiseen luontaisista syistä, vaan esimerkiksi suojakerroksen eroosioon tai sen läpi LLDPE-kalvoon pääseviin toimiin. Luontaisiin prosesseihin tai ihmistoimiin liittyvät vauriot on myös helpompi havaita silmämääräisesti ja korjata. Esitetylle peittorakenteelle on tehty sylinteritestit, joiden perusteella voidaan arvioida, että esimerkiksi metsäkoneen aiheuttama pintakuorma ei tule vaurioittamaan LLDPE-kalvoa.

Muita pilaantumista ehkäiseviä toimenpiteitä voivat olla suotovesien käsittely tuotantoalueen sulkemisen jälkeenkin tai sivukivikasan uudelleen peittäminen.

Toisin kuin tiiviissä pohjarakenteessa, peittorakenteessa olevan kalvorakenteen kunnostaminen olisi tarvittaessa mahdollista. Peittorakenteen toimintaa seurataan esimerkiksi suotoveden määrää ja laatua seuraamalla.

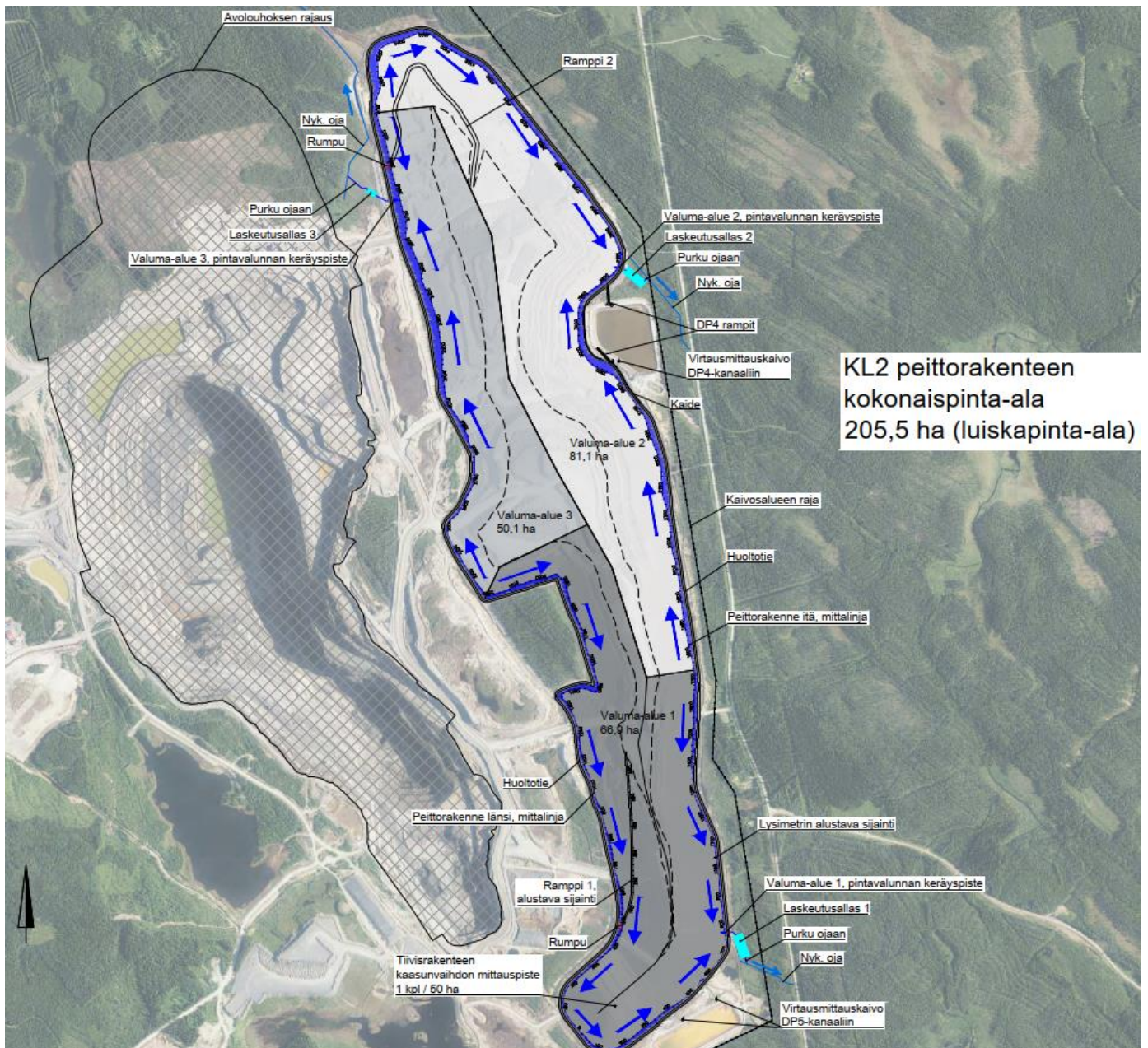
Sivukivikasan muotoilu

Sivukivikasan luiskat muotoillaan 1:3 kaltevuuteen tai loivemmiksi. Lakialue muotoillaan noin 2–3 %:n kaltevuuteen ulospäin. Lakialue on leveimmillään keskiosassa aluetta, jossa lakialueen leveys on noin 500 metriä. Kasan eteläpäässä lakialue on kapeimmillaan vain muutamia metrejä. Muualla lakialueen leveys vaihtelee noin 20–300 metrin välillä.

Sivukivikasan etelä- ja pohjoispäihin rakennetaan osaksi peittorakennetta huoltoteinä toimivat rampit alhaalta lakialueelle. Eteläpään rampin sijainti tarkentuu yksityiskohtaisemman rakennussuunnittelun edetessä. Ramppien sisäreunaan muotoillaan vierusojat vesienhallinnan parantamiseksi. Ramppeja käytetään mm. sulkemistoimenpiteiden aikaisina kulkureitteinä sekä suljetun sivukivialueen tarkkailussa ja ylläpidossa. Rampit ovat käytössä niin kauan kuin on tarpeen, sen jälkeen myös ne maisemoidaan.

Sivukivikasan reunoille muotoillaan reunaojat peittorakenteen päältä tulevien puhtaiden pintavesien poisjohtamiseksi. Reunaojan leveys vaihtelee noin yhdestä metristä 30 metriin. Reunaojista peittorakenteen päältä tulevat pintavedet johdetaan laskeutusaltaisiin. Reunaojien muotoilun yhteydessä korotetaan sivukivialueen ympäri kulkevaa huoltotietä. Huoltotien korotus on tehty jo sivukivialueen itäpuolelle noin 1 200 m:n matkalle. Sivukivialueen lakikorkeus on peittorakenne huomioiden korkeimmillaan +285,90 (N60).

Sivukivialueen KL2 peittorakenteen yleissuunnitelmakartta (piir.nro R3-1 15.12.2023) on seuraavassa kuvassa.



Työnaikaiset järjestelyt

Vesienhallinta

Rakennettavat laskeutusaltaat toimivat osana vesienhallintaa myös peittorakenteen rakentamisen aikana. Rakentamisen aikana erityisesti pintamaakerroksen maa-aineksesta voi tulla valumavesiin normaalia enemmän kiintoainesta, joten laskeutusaltaan lietetilan tyhjentämiseen kiinnitetään erityistä huomiota kiintoainekuormituksen minimoimiseksi.

Peittorakenteen päältä tulevat pintavedet ovat puhtaita, mutta rakentamisen aikana niihin voi kulkeutua metallipitoisia vesiä sulkemattomilta sivukivialueilta. Pintavesien laatua seurataan myös rakentamisen aikana ja tarvittaessa vedet pumpataan laskeutusaltaista suotovesialtaisiin, josta ne johdetaan käsiteltäväksi.

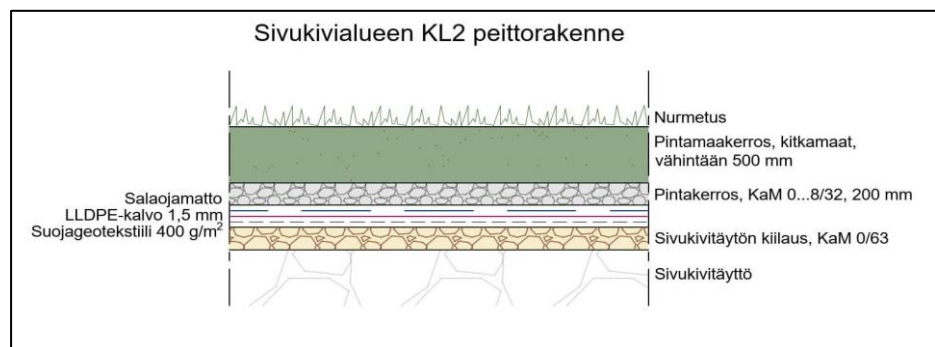
Rakentamisen aikainen vesienhallinta suunnitellaan yksityiskohtaisemmin vaiheittaisten rakennussuunnitelmien yhteydessä.

Liikenne

Sivukivialueelle liikennöidään kaivosalueen sisäisiä liikennereittejä pitkin. Sivukivialueen päällä kulkevalle huoltotielle kuljetaan rampeja pitkin.

Rakennekerrokset

Sivukivikasan luiskien ja lakialueen kohdille tulevan peittorakenteen tyyppipoikkileikkaus on esitetty seuraavassa kuvassa. Sivukivitäyttö kiilataan kalliomurskeella (0/63 mm). Kiilauksen päälle asennetaan suoja-geotekstiili (400 g/m²), jonka päälle asennetaan peittorakenteessa tiivis-kerroksena toimiva 1,5 mm:n paksuinen LLDPE-kalvo. Kuivatuskerroksena toimiva salaojamatto toimii myös kalvon suojakerroksena. Salaojamaton päälle rakennetaan 200 mm:n paksu pintakerros kalliomurskeesta, joka toimii salaojamaton kanssa kuivatuskerroksena. Pintakerros peitetään 500 mm:n paksuisella pintamaakerroksella, joka tehdään puhtaista, soveltuvista kitkamaista (moreeni, hiekka, sora). Reunaojien kohdalla pintamaakerroksessa ei käytetä hienoainespitoisia maa-aineksiä veden virtauksen aiheuttaman eroosion minimoimiseksi. Pintamaakerroksessa voidaan hyödyntää esimerkiksi turvetta kasvittumisen nopeuttamiseksi.



Kasan laelle tuleville rampeille rakennettava peittorakenne on muuten samanlainen kuin luiskissa ja lakialueella, mutta suuremman liikennöintikuorman vuoksi LLDPE-kalvon päälle asennetaan suojageotekstiili (1200 g/m^2). Salaojamaton päälle rakennetaan huoltotien (rampin) rakennekerrokset: 500 mm paksu pintakerros kalliomurskeesta (0/63 mm) ja sen päälle 200 mm paksu kulutuskerros kalliomurskeesta (0/32 mm). Rampin sisäreunaan tulevassa vierusojassa salaojamaton päälle rakennetaan 200 mm:n paksuinen pintakerros. Pintakerroksen pysyvyyttä ojassa seurataan säännöllisesti. Myöhemmin kun ylös asti kulkeville huoltoteille ei ole enää tarvetta, ne peitetään vastavanlaisella pintamaakerroksella kuin muualle luiskiin ja lakialueelle on suunniteltu ja nurmetetaan.

Peittorakenteessa ei ole tarvetta kaasunkeräyskerrokselle, sillä sivukivitäytössä ei ole havaittu hapon muodostumisen yhteydessä muodostuvaa kaasua. Rakennettavan peittorakenteen pinta-ala on 205,5 hehtaaria. Pinta-ala perustuu peittorakenteen tiivisrakenteessa käytettävän LLDPE-kalvon laskennalliseen 3d-pinta-alaan. Peittorakenne rajautuu sivukivialueen viereisen huoltotien luiskan yläreunaan.

Keinotekoinen eriste (LLDPE-kalvo)

Peittorakenteessa käytetään tiiviskerroksena 1,5 mm paksuista LLDPE-kalvoa (matalatiheysinen polyeteeni, linear low density polyethylene). Luiskissa käytetään kitkapinnoitettua kalvoa. Ehjä kalvo on itsessään vesi- ja kaasutiivis, mutta kalvoon voi syntyä vauriokohtia rakentamisen tai käytön aikana. Vauriokohtien syntymistä ehkäistään riittävän tarkalla suunnittelulla ja rakentamisen laadunvalvonnalla. Myös pintamaakerros varsinkin kasvituksineen pidättää vettä ja happea.

Kalvo suojataan ala- ja yläpuolelta. Kalvon alla käytetään 400 g/m^2 suojageotekstiiliä suojakerroksena, ja kalvon päälle asennettava salaojamatto toimii myös sen suojakerroksena. Suunnitellulle kalvorakenteelle on tehty sylinteritestit, joiden tulosten perusteella on arvioitu rakennusvaiheessa oletettujen liikennekuormien alla olevalle LLDPE-kalvolle tarvittavaa suojausta. Salaojamaton päällä olevan suojakerroksen tulee olla paksuudeltaan yhteensä vähintään 700 mm riittävän suojausvaikutuksen varmistamiseksi.

Kuivatuskerros ja pintakerros

Kuivatuskerroksen tehtävänä on johtaa pintamaakerroksesta suotautuva sade- ja sulamisvesi (hulevesi) pois ja alentaa siten tiivistysrakenteeseen kohdistuvaa hydraulista gradienttia eli vesipainetta.

Kuivatuskerros koostuu salaojamatosta sekä salaojamaton päälle rakennettavasta pintakerroksesta. Pintakerros tehostaa salaojamaton toimintaa. Salaojamattoa käytetään myös LLDPE-kalvon suojakerroksena.

Pintakerros rakennetaan muilla alueilla puhtaasta, hyvin vettä johtavasta kalliomurskeesta tai sepelistä (esimerkiksi KaM 0...8/32), mutta

ramppien kohdalla pintakerros rakennetaan kalliomurskeesta (esimerkiksi KaM 0/63) osaksi rampin rakennekerroksia. Pintakerroksen paksuus muualla kuin rampilla on 200 mm ja rampilla 500 mm. Rampille rakennetaan kalliomurskeesta (esimerkiksi KaM 0/32) 200 mm:n paksuinen kulutuskerros pintakerroksen päälle.

Pintakerrokseen tarvittava massamäärä (KaM 0...8/32, *oikeastaan 0/32 mm*, 200 mm) on noin 411 000 m³rtr. Pintakerroksen kalliomurskeena käytetään kaivospiirin alueella sijaitsevilta tarvekivialueilta saatavaa puhdasta kalliomursketta.

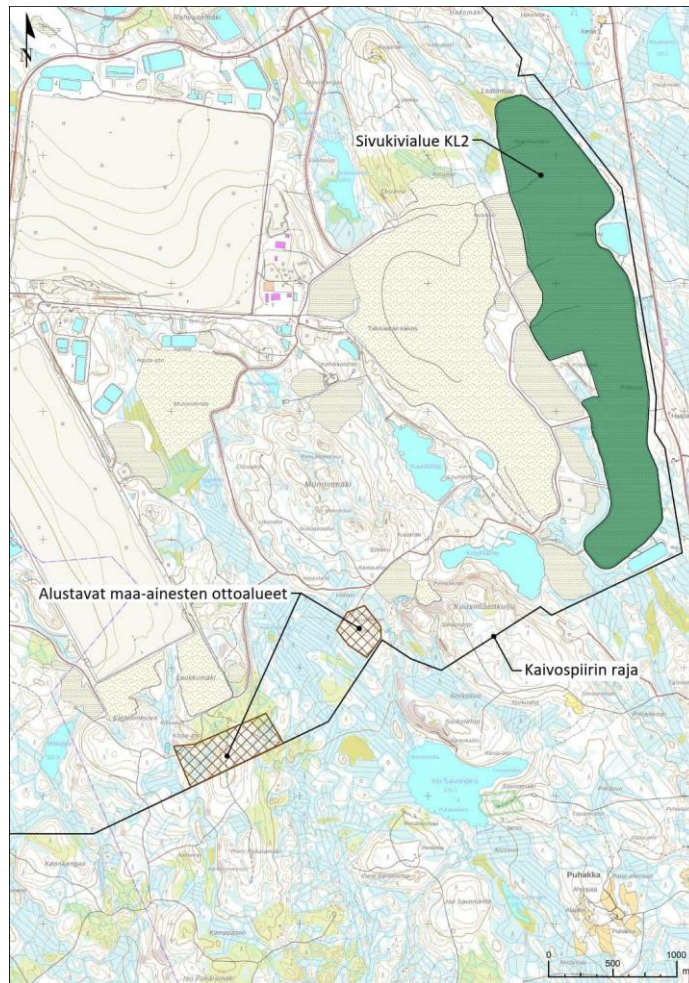
Pintakerroksen rakentamisessa huomioidaan kalvorakenne.

Pintamaakerros

Pintamaakerroksen tehtävänä on mahdollistaa peittorakenteen kasvittuminen sekä suojata alapuolisia kerroksia esimerkiksi kasvien juurten ja roudan vaikutuksilta.

Pintamaakerros rakennetaan puhtaista kitkamaista (moreenista, hiekasta tai sorasta). Pintamaakerroksessa voidaan hyödyntää turvetta kasvittumisen edistämiseksi. Pintamaakerroksen paksuus on vähintään 500 mm.

Pintamaakerrokseen tarvittava massamäärä (kitkamaa, 500 mm) on noin 1 028 000 m³rtr. Pintamaakerroksen maa-ainekset saadaan kaivospiirin alueelta. Alustavat maa-ainesten ottoapaikat on esitetty seuraavassa kuvassa. Eteläisemmän maa-ainesten ottoalueen pinta-ala on noin 23 hehtaaria ja itäisen 9 hehtaaria. Lisäksi pintamaakerroksen maa-aineksina voidaan käyttää kaivospiirin alueelle varastoituja puhkaita maa-aineksia.



Peittorakenne rakennetaan vain puhtaista maa-aineksista. Kaivospiirin alueella tehdyissä moreenialuetutkimuksissa on huomioitu ns. kontaminoituneiden maiden läjitysalueet ja muut alueet, joissa voi olla mustaliuskekontaktista luontaisesti kontaminoituneita maita. Läjitysalueilla on tarvittaessa tutkittu maa-ainesten haitta-ainepitoisuuksia, joten Terrafamalla on käsitys siitä, mihin puhtaita pintamaita on läjitetty. Pintamaakerrokseen käytetään vain puhtaita maa-aineksia ja tarvittaessa maa-aineksia tutkitaan lisää tämän varmistamiseksi ennen peittorakenteen rakentamista.

Jätehuoltosuunnitelman (31.12.2024, PSAVI/16043/2024) mukaan vuoden 2024 syyskuuhun mennessä pintamaita oli läjitettynä kaivosalueelle noin 23,4 Mm³, joista pilaantumattomia oli noin 16,4 Mm³ ja metallipitoisia noin 6,4 Mm³. Terrafamen kaivosalueen pintamaiden laatua on tutkittu vuosina 2017, 2020, 2021 ja 2023. Terrafame tarkkailee poistettavan pintamaan laadun ennen sen poistamista. Pintamaiden tarkkailu suunnitellaan hankekohtaisesti Terrafamen ympäristötiimin kanssa ja toteutetaan mieluiten pohjatutkimusten yhteydessä. Pilaantuneilla tai mahdollisilla mustaliuskealueilla tarkkailu suunnitellaan aina erikseen.

Peittorakenne koerakenteiden kohdalla

Sivukivialueelle KL2 on rakennettu koerakenteita edempänä kertoelmassa esitetyn mukaisesti. Koepeittorakenne, jossa on käytetty HDPE-kalvoa tiiviskerroksena, yhdistetään osaksi rakennettavaa peittorakennetta. Muiden koerakenteiden kohdalla peittorakenne rakennetaan koerakenteiden päälle. Peittorakenteen rakentamiseen koerakenteiden kohdalla liittyvä yksityiskohtaisempi detaljisuunnittelu tehdään vaiheittaisten rakennussuunnitelmien yhteydessä.

Peittorakenteen rakentaminen

Rakentaminen ja laadunvalvonta

Sivukivialueen peittorakenteen yleissuunnitelma on esitetty hakemuksen liitteenä. Osana yleissuunnitelmaa ovat alustava työselostus ja alustava laadunvarmistusohje. Sivukivialue suljetaan vaiheittain ja jokaisen vaiheen sulkemisesta laaditaan rakennussuunnitelmat, joissa yleissuunnitelmaa on tarkennettu tarpeellisin osin. Ensimmäisen rakennusvaiheen toteutussuunnitelma on toimitettu täydennykseksi ympäristölupahakemukseen kesäkuussa 2024.

Terrafame pitää tarkoituksenmukaisena, että ensimmäisestä rakennusvaiheesta saadut kokemukset voidaan viedä seuraavien vaiheiden toteutussuunnitteluun. Peittorakenteen tyypipipoikkileikkaus ja laadunvarmistusohje pysyvät vastaavanlaisina myös muiden rakennusvaiheiden toteutussuunnitelmissa. Mahdolliset tarkennukset ovat kohdekohtaisia.

Terrafame hakee muutosta ympäristölupapäätöksen 87/2022 lupamääräykseen 186 siten, että yksityiskohtaiset, rakennusvaiheittain laaditut rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmat voidaan toimittaa vastaavalle ELY-keskukselle hyväksyttäväksi lupamääräyksen 6 mukaisesti sen jälkeen, kun rakenteen pääperiaatteet on aluehallintovirastossa ratkaistu. Näin on menetelty myös pohjarakenteiden toteuttamisessa.

Rakentamisessa hyödynnetään koerakenteista saatuja kokemuksia peittorakenteen rakentamisesta ja parhaista työtapoista. Lisäksi vaiheittain laadittavissa peittorakenteiden rakennussuunnitelmissa huomioidaan myös aiemmista vaiheista saadut kokemukset rakentamiseen liittyen.

Liitteenä olevassa alustavassa työselostuksessa ja laadunvalvontaohjeessa on esitetty yksityiskohtaisemmin peittorakenteen ja siihen liittyvien rakenteiden (huoltotien korotus, vesien johtaminen) rakentamiseen ja laadunvalvontaan liittyvät asiat. Alla on kuvattu rakentamiseen ja laadunvalvontaan liittyviä asioita erityisesti peittorakenteen pitkäaikaiskestävyyden näkökulmasta.

Keinotekoinen eriste (LLDPE-kalvo)

Ehjä kalvo on vesi- ja kaasutiivis, mutta kalvoon voi syntyä vauriokohtia rakentamisen tai käytön aikana. Ympäristövaikutusten näkökulmasta

suotoveden määrässä ja laadussa on huomioitu mahdolliset kalvon vauriot eli kalvon ei ole esimerkiksi suotovesimallinnuksessa oletettu pysyvän täysin vesi- ja kaasutiiviinä.

Asennusvaihe on kalvon elinkaaren kannalta kriittisin kohta. Lisäksi rakentamisen aikana kalvoon voi syntyä esimerkiksi työkoneista, alustassa olevista kivistä, kalvon päälle tippuvista esineistä tai tuulen tai lämpölaajenemisen vaikutuksesta. Kalvon vaurioitumisriskiin rakentamisen aikana voidaan vaikuttaa työjärjestyksen suunnittelulla ja varautumalla esimerkiksi sään vaikutukseen. Lisäksi riittävä laadunvarmistus takaa sen, että peittorakenne toteutetaan laatuvaatimusten mukaisesti.

Kriittisin kohta kalvorakenteessa vesi- ja kaasutiiviyden kannalta ovat saumat ja niiden määrä minimoidaan tiiviyden saavuttamiseksi. Kalvot asennetaan pitkittäin veden virtaussuuntaan. Saumoja ei saa sijoittaa luiskan taitteeseen eikä vierekkäisten rullakaistojen jatkossaumoja saa sijoittaa luiskassa samaan kohtaan. Saumat hitsataan kiinni ja niiden tiiviyys varmistetaan laadunvarmistuskokeilla.

Peittorakenteessa oleva tiiviskerroksena toimiva LLDPE-kalvo hitsataan kiinni pohjarakenteen HDPE-kalvoon. Pohjarakenteen HDPE-kalvon kunto tarkastetaan sen esiin kaivun yhteydessä ja mahdolliset vauriot korjataan. Tarvittaessa HDPE-kalvoa jatketaan uudella HDPE-kalvolla. Kalvot ankkuroidaan huoltotien luiskaan.

Läpivientejä vältetään aina kuin mahdollista. Läpivientejä suunnitellessa kiinnitetään huomiota siihen, että ne eivät aiheuta kalvoon venymiä. Myös terävät kulmat aiheuttavat kalvon vaurioitumisriskin ja niiden välttäminen huomioidaan jo suunnittelussa. Kalvon kanssa tekemisissä olevien materiaalien kemiallinen yhteensopivuus kalvon kanssa varmistetaan.

Kalvo suojataan rakentamisvaiheen pistekuormilta sekä sen ala- että yläpuolelle tulevilla suojakerroksilla. Lisäksi etukäteen suunnitellulla massanajo- ja työjärjestyksellä varmistetaan se, että ajoneuvoilla kuljetaan vain liikennekuormaa kestäville alueille valmista peittorakennetta tai sen osakerrosta.

Kalvo painotetaan ja ankkuroidaan työnaikaisesti kalvon vaurioitumisriskin minimoimiseksi. Kalvon lämpölaajeneminen huomioidaan kalvon peittämisajankohdan valinnassa. Peittämisajankohta valitaan sääolosuhteet ja vuorokaudenaika huomioiden silloin kun kalvo on mahdollisimman tiiviisti kiinni alustassa. Näin vältetään kalvoon lämpölaajenemisen vuoksi syntyvien vekkien synty.

Luiskissa varmistetaan suojageotekstiilin, kalvon ja salaojamatton rajapintojen kitkan riittävyys. Materiaalintoimittajan stabiliteettilaskelmat materiaalintoimittajan esittämille materiaaleille on esitetty hakemuksen liitteenä.

Peittorakenne koerakenteiden kohdalla

Koerakenteiden yhdistäminen rakennettavaan peittorakenteeseen suunnitellaan yksityiskohtaisemmin kyseisen alueen sulkemisen rakennussuunnittelussa.

Arvio suojakerroksen paksuuden riittävydestä

LLDPE-kalvon päällä ei saa liikkua työkoneilla ilman riittävää suojakerrosta. Terrafamen ja materiaalitoimittajan testitulosten (Destia Oy:n ja GeoSynt Oy:n lausunnot, kuvattu alla) perusteella riittävä suojakerrospaksuus on 700 mm. Ylimääräistä liikkumista kalvorakenteen päällä tulee välttää.

LLDPE-kalvon päälle tehdään vähintään 700 mm paksu suojakerros kalliomurskeesta 0/32 ja kitkamaasta ennen kuin sen päällä liikutaan työkoneilla. Suurimmat suojakerroksen päällä liikkuvat työkoneet on arvioitu olevan esim. dumpperi Volvo A30, jonka massa on 23 tn + kuorma 20 tn sekä tela-alustainen kaivinkone 40 tn ja puskuetraktori 22 tn.

Sylinterikokeet

Geosynt Oy:n teettämässä tutkimuksessa selvitettiin sylinterikokein 1,5 mm:n LLDPE-kalvon kestävyyttä työkonekuorma huomioiden. Mitoittavana kuormana kokeessa käytettiin 225 kPa, joka perustuu dumpperin kokonaismassaan ja suojakerroksen (700 mm) paksuuteen. Mitoituskuormassa on huomioitu varmuuskerroin 1,5. Sylinterikokeissa testattiin erikseen kalvon alapuolisen ja yläpuolisen rakenteen kestävyys. Lisäksi kalvon kestävyys alapuolista rakennetta vasten testattiin 1000 kPa:n kuormituksella. Sylinterikokeiden kesto oli 100 tuntia, mikä vastaa tilapäistä rakentamisaikaista liikennekuormaa. Sekä mitoituskuormalla 225 kPa että suuremmalla 1000 kPa:n kuormalla tehdyissä sylinterikokeissa kalvo säilyi ehjänä.

Salaojamaton suojausvaikutusta testattiin sen yläpuolelle sijoitetun 0–32 mm murskeen kanssa. Testissä LLDPE-kalvon keskimääräinen venymä mitattuna suurimmasta yksittäisestä painaumasta oli 0,12 %, joka on vähemmän kuin tiivistyskalvon korkeimman suojatason suunnitelmassa sallittuna ohjearvona pidetty venymä 0,25 %. Salaojamaton Fabrinet ST-E B120 suojatehokkuus on siten arvioitu riittäväksi oletetuilla kuormituksilla 1,5 mm:n LLDPE-kalvon yläpuolella. Toisessa testissä 400 g/m² suojageotekstiili (BontexGeo BS 32) on testattu kalvon yläpuolelle sijoitetun 0–63 mm murskeen kanssa. LLDPE-kalvon keskimääräinen venymä mitattuna suurimmasta yksittäisestä painaumasta oli 0,15–0,27 %. Suojageotekstiilin suojaustehokkuus kalvon alapuolella on arvioitu riittäväksi. Lisäksi testattiin tilannetta, jossa kuormitus ylittyy rakentamisen aikana nelinkertaisesti, mikä tarkoittaisi kuormitusta 1000 kPa asti. Testissä suurin mitattu keskimääräinen venymä oli 1,40–1,50 % ja maksimi venymä 4,5 %, mutta kalvon puhkaisua ei havaittu. Lausunnon mukaan testi antaa lisävarmuutta siitä, että LLDPE-kalvoon ei synny reikiä, vaikka asennuksen aikana tapahtuisi myös jotain odottamattomia

tapahtumia. Salaojamaton päällä käytettävän materiaalin tulee olla kalliomursketta 0/63 tai rakeisuudeltaan hienompaa mursketta.

Yhteenveto

Kalvon päälle tehtävä 700 mm:n suojakerros on riittävä, kun sen päällä liikutaan em. työkoneilla (dumpperi) tai enintään vastaavan pintapaineen aiheuttavilla työkoneilla. Työkoneiden ajolinjat tulee olla mahdollisimman suoria ja välttää äkkinäisiä kiihdytyksiä ja jarrutuksia, jotta kalvorakenteeseen ei aiheuteta haitallisia lisäkuormituksia. Lisäksi materiaalin purkuun tulee kiinnittää huomiota sekä huolehtia että dumpperin kuorma ei ylitä suunniteltua 20 tn.

Destia Oy:n täydentävä lausunto peittorakenteesta (hakemuksen täydennys 20.5.2025)

Tässä lausunnossa suunnittelijakonsultti antaa ympäristögeoteknisen näkemyksensä sivukivialueille KL1 ja KL2 esitetystä peittorakenteesta.

Sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkemisen ja peittorakenteen toteuttamisen ympäristölupahakemuksissa (diaarinumerot: PSAVI/9228/2024 ja PSAVI/1802/2024) peittorakenteeksi suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavien kaivannaisjätteen jätealueiden luiska- ja lakialueilla on esitetty seuraavat rakennekerrokset (esitetty ylhäältä alaspäin):

- Pintamaakerros, kitkamaat, ≥ 500 mm
 - o Pintamaakerroksessa voidaan hyödyntää turvetta kasvitumisen edistymiseksi
- Pintakerros, kalliomurske 0...8/32 (*oikeastaan 0/32*), 200 mm
- Salaojamatto
 - o Salaojamatossa on yht. 300 g/m² geotekstiili
- LLDPE-kalvo 1,5 mm
- Suojageotekstiili 400 g/m².

Peittorakennekerrokset rakennetaan kalliomurskeella 0/63 kiilatun sivukivitötön päälle.

Pintamaakerroksen tehtävänä on mahdollistaa peittorakenteen kasvituminen sekä suojata alapuolisia kerroksia esimerkiksi kasvien juurten ja roudan vaikutuksilta.

Peittorakenteen kuivatuskerroksen tehtävänä on johtaa pintamaakerroksesta suotautuva sade- ja sulamisvesi eteenpäin ja alentaa siten tiivistysrakenteeseen (LLDPE-kalvo) kohdistuvaa hydraulista gradienttia eli vesipainetta. Kuivatuskerroksen on esitetty koostuvan salaojamatosta ja salaojamaton päälle rakennettavasta pintakerroksesta. Pintakerroksessa käytettävä materiaali KaM 0...8/32 (*oikeastaan 0/32*) on valittu siten, että se tehostaa salaojamaton toimintaa. Salaojamatto toimii myös LLDPE-kalvon suojakerroksena.

Peittorakenteen tiiviskerroksena (tiivistysrakenteena) on esitetty käytettävän 1,5 mm paksuista LLDPE-kalvoa. Kalvo suojataan alapuolelta

400 g/m² suojageotekstiilillä ja yläpuolelta salaojamatolla, joka sisältää yhteensä 300 g/m² suojageotekstiiliä. Suunnitellulle kalvorakenteelle on tehty sylinteritestit, joiden tulosten perusteella pintakerroksessa voidaan käyttää kalliomursketta, jonka rakeisuus on yhtä karkeaa tai hienompaa kuin testeissä käytetty KaM 0/32, ja peittorakenteen alla olevan kiilauskerroksen materiaalina kalliomursketta, jonka rakeisuus on yhtä karkeaa tai hienompaa kuin testeissä käytetty KaM 0/63.

Sylinteritestien tulosten tulkinnassa on käytetty LLDPE-kalvon suurimpana sallittuna paikallisena venymänä 0,25 % venymää, mikä on hyvin konservatiivinen HDPE-kalvon suurinta sallittua paikallista venymää koskeva kirjallisuusarvo (ks. kohta LLDPE-kalvon muodonmuutoskestävyys).

Vuonna 2024 on sivukivialueelle KL2 rakennettu noin 9 hehtaarin koepeittoalue esitetyllä peittorakenteella.

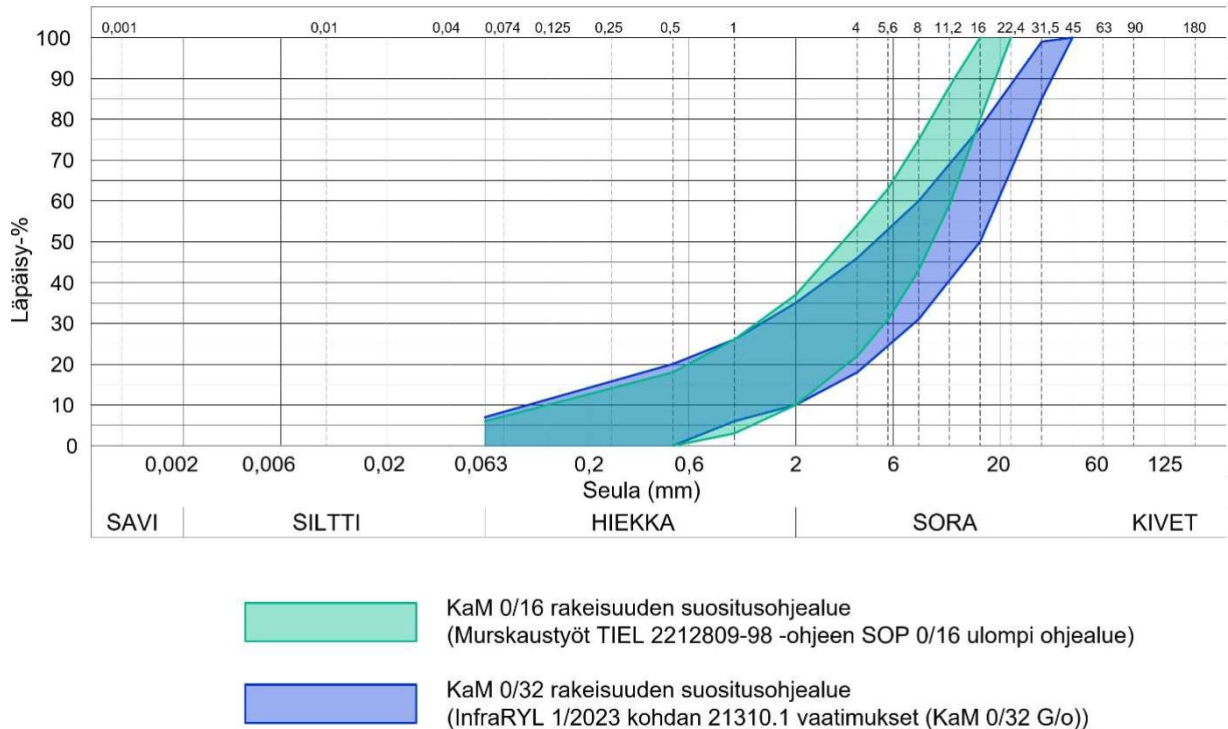
Perustelut pintakerroksen materiaalivalinnalle

Pintakerroksen materiaaliksi on peittorakenteessa valittu kalliomurske 0...8/32 (*oikeastaan 0/32*). Kalliomurskeen isomman raekoon vuoksi kalvorakenne on testattu sylinteritesteillä, joiden tulosten perusteella on voitu todeta, että pintakerroksessa käytettävä maksimiraekooltaan 32 mm oleva kalliomurske ei aiheuta riskiä suunnitellulla tavalla suojatulle LLDPE-kalvolle. Pintakerroksen maksimiraekoon ei tarvitse suojausvaikutuksen takia olla pienempi kuin 32 mm.

Rakenteessa oleva vesi voi kuormittaa peittorakennetta etenkin jäätyessä tai virtauksen aiheuttaessa eroosiota. Peittorakenteen pitkäaikaiskestävyyden näkökulmasta kuivatuskerroksen tulee toimia siten, että se vähentää tiivisrakenteena toimivaan kalvoon kohdistuvaa hydraulista kuormitusta ja kuljettaa vettä pois peittorakenteesta siten, että esimerkiksi mahdollisesti haitallista routimista ei pääse tapahtumaan tai vettä ei pääse kerääntymään kalvon alareunaan siten, että se voisi aiheuttaa stabiliteettiongelmia luiskissa.

Koska pintakerros toimii yhdessä salaojamaton kanssa peittorakenteen kuivatuskerroksena, on pintakerroksen materiaaliksi haluttu valita hyvin vettä johtava murske, joka kuitenkin täyttää myös muut vaatimukset, kuten yllä mainitun suojausvaatimuksen. Pintakerroksen tulee olla myös rakennettavissa työturvallisuusseikat huomioiden.

Seuraavassa kuvassa on esitetty kalliomurskeen 0/16 ja 0/32 rakeisuuden suositushjealueet. Kalliomurskeiden eroja vedenjohtavuuden näkökulmasta on avattu alla.



Kuten edellä esitetystä kuvasta nähdään, molemmat rakeisuuden suositushjealueissa esitetyt hienoainespitoisuudet vastaavat toisiaan. Suuremmat erot rakeisuuksissa näkyvät vasta 2 mm raekoon jälkeen. Murskeen keskimääräisen ja maksimiraekoon kasvaessa, kasvaa tyypillisesti myös murskeen vedenjohtavuus. Vedenjohtavuuden kasvu johtuu siitä, että rakeiden väliin jää enemmän tyhjätillaa, jota pitkin veden on helpompi virrata.

Peittorakenteeseen tulevaa pintakerrosta ei tiivistetä, joten vedenjohtavuuden kannalta ei tiivistämisen vaikutusta ole tarpeen huomioida. Jos pintakerros kuitenkin pääsee tiivistymään liikaa, voivat peittorakenteen päältä tuleva sade- ja sulamisvedet kulkea pintakerroksen päällä pinta-akerroksen ja pintakerroksen rajapinnassa kuivatuskerroksen sijaan. Tämä voi mm. lisätä uomaeroosioriskiä pinta-akerroksessa. Terra-fame Oy:n hankkeen projektipäällikön mukaan vuonna 2024 rakennetun koepeittorakenteen perusteella kalliomurske 0/32 ei ole tiivistynyt peittorakenteessa liikaa, mutta kalliomurske on kuitenkin riittävän sekara-keista, jotta suuremmat rakeet asettuvat pienempien rakeiden sekaan eivätkä jää yksittäin esille. Koska kalliomursketta 0/16 ei ole käytetty koepeittorakenteissa, ei kokemusta sen käyttäytymisestä (tiivistyminen, vedenjohtavuus) peittorakenteen pintakerroksessa ole.

Koska pintakerroksen tulee toimia yhteistyössä salaojamaton kanssa peittorakenteen kuivatuskerroksena, esitämme edellä mainittuihin perusteluihin perustuen kalliomursketta 0/32 peittorakenteen pintakerros-materiaaliksi.

LLDPE-kalvon muodonmuutoskestävyys

Peittorakenteen tiivisrakenteeksi on valittu 1,5 mm paksu LLDPE-kalvo. LLDPE-kalvo on joustava ja kestää mahdollisia muodonmuutoksia paremmin kuin HDPE-kalvo. Joustavuudesta on etua myös kylmissä lämpötiloissa. LLDPE-kalvo ei myöskään ole yhtä herkkä jännityssäröilylle eli vetojännitysten aiheuttamalle muovin ulkoiselle tai sisäiselle murtumalle kuin HDPE-kalvo. Sitä on myös paremman levitettävyytensä vuoksi helpompi käsitellä rakennettaessa kuin HDPE-kalvoa.

Kun tarkastellaan geomembraanin käyttöikää, merkittävässä roolissa on geomembraanille (tässä tapauksessa LLDPE-kalvolle) määritetty suurin sallittu venymä (maximum allowable strain, MAS). Suurimmalla sallitulla venymällä tarkoitetaan suurinta venymää, jonka LLDPE-kalvo (tai muu geomembraani) kestää ilman että sen vaadittu käyttöikä (required service life) lyhenee ja esimerkiksi kestävyys ja vedenläpäisemättömyyteen liittyvät ominaisuudet heikkenevät.

Liitteenä on toimitettu suomennos materiaalintoimittajan Atarfilin lausunnosta LLDPE-kalvon suurimmasta sallitusta venymästä ja alkuperäinen, englanninkielinen lausunto. Liitteenä on toimitettu suomennettu tiivistelmä Ian D. Peggsin, Bruce Schmuckerin ja Peter Careyn kirjoittamasta tieteellisestä artikkelista Assessment of Maximum Allowable Strains In Polyethylene and Polypropylene Geomembranes, jossa on arvioitu suurimpien sallittujen venymien suuruutta sekä polyeteeni- että polypropeenipohjaisissa geomembraaneissa, sekä alkuperäinen, englanninkielinen artikkeli.

Sekä Atarfillin lausunnon että Peggsin, Schmuckerin ja Careyn kirjoittaman artikkelin perusteella voidaan todeta, että LLDPE-kalvolle sallittava suurin sallittu venymä on tuotetypistä riippuen 8–12 %. Lisäksi LLDPE-kalvo kestää pistekuormista (esiin työntyvät ala- tai yläkerroksen kivet tms.) tai liikennekuormasta johtuvia noin 1–2 % paikallisia venymiä ilman vaurioita. Arvot ovat konservatiivisia.

HDPE-kalvolle on esitetty esimerkiksi Saksan ohjeistuksissa suurimmaksi sallituksi venymäksi noin 3 % ja paikalliseksi venymäksi 0,25 %. Peggsin et al. mukaan nykyisille HDPE-kalvoille suurin sallittu venymä voisi olla jopa 4–8 % tuotetypistä riippuen. HDPE-kalvon herkkyys jännityssäröilylle johtaa siihen, että se on herkempi myös paikallisille venymille kuin LLDPE-kalvo.

Kuten yllä on todettu, LLDPE-kalvo kestää muodonmuutoksia huomattavasti paremmin kuin HDPE-kalvo, ja tämän vuoksi se on valittu peittorakenteen tiivisrakenteeksi. Peittorakenteen kalliomurskeella 0/63 tehdyissä sylinteritesteissä LLDPE-kalvossa on havaittu 100 tunnin testissä tavallista ajoneuvokuormaa edustavalla 225 kPa:n kuormalla

0,15...0,27 % paikallisia venymiä. Yli nelinkertaisella kuormituksella eli 1000 kPa:n kuormalla tehdyissä testeissä mitattu keskimääräinen venymä oli välillä 1,4...1,5 % ja maksimivenymä 4,5 %, eikä kalvo tässäkään tapauksessa puhjennut. LLDPE-kalvolle suurin sallittu paikallinen venymä on kalvotyypistä riippuen 1...2 %, joten sylinteritestien tulokset puoltavat sitä, että suojageotekstiili 400 g/m² ja suojageotekstiilillä 300 g/m² varustettu salaojamatto antavat riittävän suojan kalvorakenteelle käytettäessä kiilauskerroksessa kalliomursketta 0/63 ja pintakerroksessa kalliomursketta 0/32.

Yhteenveto

Jotta peittorakenteeseen suunniteltu kuivatuskerros toimisi suunnitellusti, esitämme edellä mainittuihin perusteluihin perustuen kalliomursketta 0/32 peittorakenteen pintakerrosmateriaaliksi.

Kuten yllä on todettu, LLDPE-kalvolle sallitut suurimmat venymät ovat huomattavasti suuremmat kuin HDPE-kalvolla ja se kestää huomattavasti paremmin muodonmuutoksia kuin HDPE-kalvo. Tämän takia LLDPE-kalvo on valittu peittorakenteen tiivisrakenteeksi HDPE-kalvon sijaan.

Terrafame Oy:n täsmennys peittorakennetta koskien (hakemuksen täydennys 20.5.2025)

Suunnitellulle kalvorakenteelle on tehty sylinteritestit, joiden tulosten perusteella pintakerroksessa voidaan käyttää kalliomursketta, jonka rakeisuus on yhtä karkeaa tai hienompaa kuin testeissä käytetty KaM 0/32, ja peittorakenteen alla olevan kiilauskerroksen materiaalina kalliomursketta, jonka rakeisuus on yhtä karkeaa tai hienompaa kuin testeissä käytetty KaM 0/63. Koska KaM 0/32 pintakerroksen tulee toimia yhdessä salaojamatton kanssa peittorakenteen kuivatuskerroksena, on pintakerroksen materiaaliksi haluttu valita hyvin vettä johtava murske, joka kuitenkin täyttää myös muut vaatimukset kuten suojausvaatimuksen.

LLDPE-kalvon ja sen sallitun maksimivenymän osalta Terrafame viittaa täsmennyksen liitteenä toimitettuun lausuntoon (edellä). Lausunnon sekä myös alkuperäisten hakemusten liitteenä toimitetut sylinteritestien tulokset puoltavat sitä, että suojageotekstiili (400 g/m²) ja suojageotekstiilillä (300 g/m²) varustettu salaojamatto antavat riittävän suojan kalvorakenteelle käytettäessä kiilauskerroksessa kalliomursketta 0/63 ja pintakerroksessa kalliomursketta 0/32.

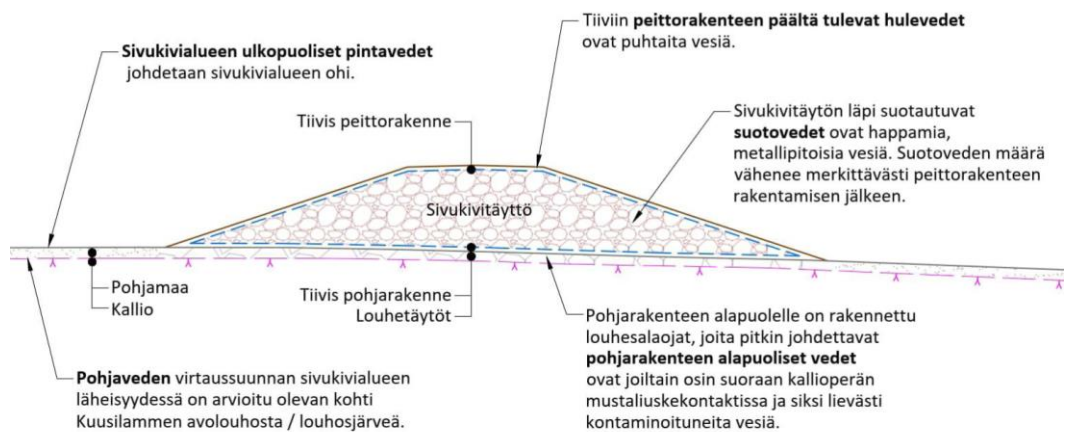
Rakenteen yläpuolisen pintamaakerroksen hakemuksessa esitettyä paksuutta (≥ 500 mm) Terrafame pitää lähtökohtaisesti riittävänä. Mikäli rakennekerroksen paksuutta halutaan edelleen kasvattaa, tulisi Terrafamen näkemyksen mukaan osa kerroksesta toteuttaa turpeella eroosi-
onsuojauskerroksena.

Rakenteeseen on esitetty tarkkailua varten tehtäväksi lysimetri. Lysimetriin mahdollisesti kertyvä vesi kuvaa rakenteen vedenläpäisyä lähinnä lysimetrin alalla. Lysimetrin seurannan lisäksi rakenteen tarkkailua tullaan tekemään myös jatkuvatoimisesti tai kampanjaluonteisesti mm. kosteuden ja lämpötilan osalta eri syvyyksillä. Näillä mittauksilla haetaan muun ohessa tietoa jatkuvasti tarkentuvaa sulkemissuunnitelmaa sekä tulevia vaikutusmallinnuksia varten.

Vesienkäsittely ja vesien johtaminen sulkemisvaiheessa ja sen jälkeen

Periaatekuva sivukivialueella KL2 ja sen läheisyydessä muodostuvien vesijakeiden johtamisesta sivukivialueen sulkemisen jälkeisessä tilanteessa on seuraavassa kuvassa.

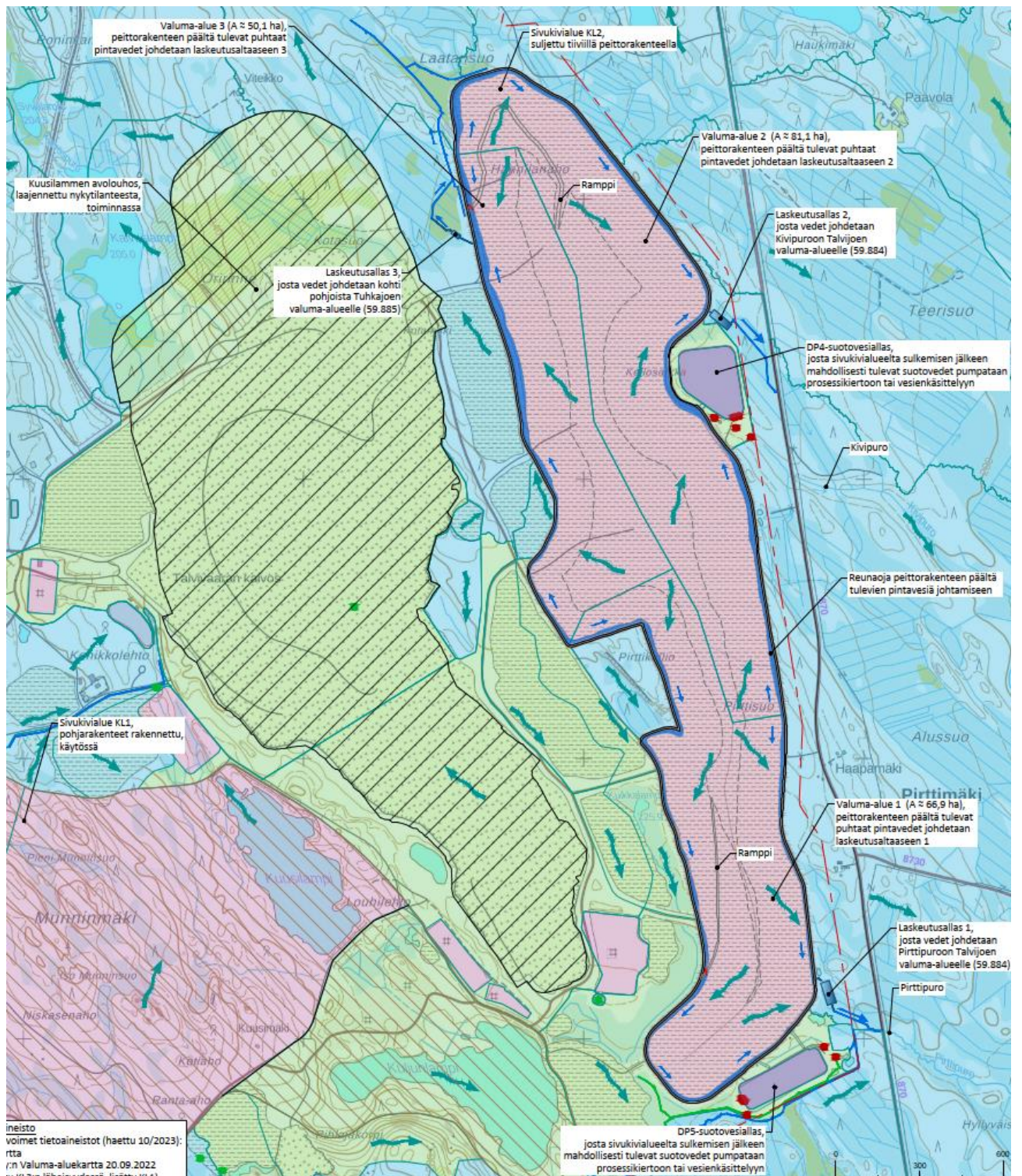
Sivukivialueella KL2 ja sen läheisyydessä muodostuvat vesijakeet sulkemisen jälkeen



Sivukivialueen vaiheittain sulkemisen vaikutukset vesienjohtamiseen huomioidaan tarkemmassa rakennussuunnittelussa jokaisen suljettavan alueen osalta erikseen. Lisäksi osana rakennussuunnittelua tarkennetaan työnaikaisia vesienjohtamisjärjestelyjä.

Sivukivialueen sulkemisen jälkeinen vesien johtaminen vaikuttaa myös Kuusilammen avolouhokseen suunniteltuun louhosjärveen. Koko kaivosalueen vesienhallintasuunnitelma ja vesitase kaivoksen sulkemistointenpiteet huomioiden on päivitetty osana koko kaivosalueen sulkemissuunnittelua. Koko kaivosalueen sulkemissuunnitelman päivitys on valmistunut vuoden 2024 aikana.

Seuraavassa kuvassa on esitetty vesienjohtaminen sivukivialueen sulkemisen jälkeisessä tilanteessa, kun Kuusilammen avolouhos on vielä toiminnassa.



rajoittaa hapen ja veden pääsyä sivukivitäyttöön, jolloin sulfidimineraalien hapettuminen vähenee ja suotoveden laatu paranee sekä suotoveden määrä pienenee merkittävästi nykytilanteesta.

Tiiviin peittorakenteen toiminnalliseksi tavoitteeksi on asetettu, että peittorakenteen läpäisee maksimissaan 5 % vuosittaisesta nettosadannasta ja peittorakenteen hapenläpäisy (happivuo) on maksimissaan 1 mol/m² vuodessa. Toiminnallisten tavoitteiden määrittelyssä on otettu huomioon peittorakenteeseen mahdollisesti asennusvaiheessa ja pitkällä aikavälillä tulevat vauriot, esimerkiksi tiivisrakenteena toimivan LLDPE-kalvon reikiintyminen. Jos tiivisrakenteena toimivaan LLDPE-kalvoon ei muodostu vaurioita, ei suotovesiä muodostu sivukivialueella sulkemisen jälkeen lainkaan.

Suotoveden arvioidusta laadusta ja määrästä sulkemisen jälkeisessä tilanteessa on kerrottu jäljempänä. Muodostuvien suotovesien laatua ja määrää sulkemisen jälkeen tarkkaillaan tarkkailuohjelman mukaisesti.

Lähtökohtaisesti sivukivialueelta tulevien suotovesien oletetaan vähenevän merkittävästi nykytilanteesta tai jopa loppuvan kokonaan sivukivialueen sulkemisen jälkeen. Nykytilanteessa sivukivialueen suotovedet kerätään edempänä esitetyn mukaisesti. Niin kauan kuin Kuusilammen avolouhos on toiminnassa, mahdolliset suotovedet pumpataan prosessikiertoon tai vesienkäsittelyyn. Jos pumppausten toiminta on tässä tilanteessa osittain tai kokonaan keskeytynyt, suotovesiä on mahdollista kerätä DP-altaisiin odottamaan pumppausten uudelleen käynnistämistä. DP-altaat on mitoitettu tilanteelle, jossa sivukivialue on peittämättä ja sulkemisen jälkeisessä tilanteessa muodostuvien suotovesien määrä on merkittävästi pienempi verrattuna nykytilanteeseen, joten DP-altaisiin voidaan hetkellisesti varastoida suotovesiä. Jos vesienkäsittelylaitoksen toiminnassa on haasteita, voidaan sivukivialueen KL2 suotovesiä varastoida samalla tavalla hetkellisesti DP-altaisiin, kunnes vesienkäsittelylaitos on taas toiminnassa.

Nykyisten suunnitelmien mukaan Kuusilammen avolouhos on toiminnassa 2030-luvun loppupuolelle saakka ilman vireillä olevaa Kolumisopen laajennusta.

Kuusilammen avolouhoksen toiminnan loputtua sivukivialueella mahdollisesti muodostuvat suotovedet varaudutaan johtamaan Kuusilammen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen. DP5-altaalle kertyvät suotovedet johdetaan painovoimaisesti avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen. Suotovesien laatua seurataan ja suotovesien tarkkailuohjelman pidemmän aikavälin tulosten perusteella voidaan myös arvioida passiivisten vesienkäsittelymenetelmien käytettävyyttä suotovesien käsittelyssä, mutta Terrafame varautuu tarvittaessa suuntaamaan DP4-altaalta painovoimaisen reitin sivukivikasan ali Kuusilammen avolouhokseen. Tässä tilanteessa pumppaamiselle ei ole enää tarvetta.

Tarkempi suunnitelma suotovesien johtamiseksi Kuusilammen avolouhoksen louhosjärveen laaditaan Kuusilammen avolouhoksen sulke-

missuunnittelun yhteydessä. Kuusilammen avolouhoksen sulkemissuunnittelun yhteydessä esitetään myös käytettävät aktiiviset ja passiiviset vesienkäsittelymenetelmät, jotka perustuvat arvioon louhosjärven veden ja yliveden laadusta. Louhosjärven mallia ylläpidetään suunnittelun edetessä siten, että saadaan käyttöön parhaimmat mahdolliset vesienkäsittelymenetelmät louhosjärveen johdetuille vesille. Kuusilammen avolouhoksen sulkemissuunnittelun yhteydessä arvioidaan ympäristöriskejä louhosjärven vesien vesienkäsittelymenetelmiin liittyen.

Lähtökohtaisesti vesienhallintarakenteet pidetään käyttökuntoisina tai nopeasti käyttöönotettavissa mahdollisimman pitkään toiminnan ollessa vielä käynnissä, jolloin vesienkeräily ja johtaminen käsittelyyn pystytään käynnistämään tarvittaessa hyvin nopeasti.

Suotovesialtaat poistetaan käytöstä sen jälkeen, kun niille ei ole enää käyttöä. Altaiden käytöstä poistaminen suunnitellaan tarkemmin koko toiminnan sulkemissuunnittelun tarkentuessa. Allasalueiden mahdollinen kunnostustarve selvitetään käytöstä poistamisen yhteydessä ja alueet kunnostetaan.

Rakenteen alapuoliset vedet

Nykytilanteessa sivukivialueen tiiviin pohjarakenteen alapuoliset, kallio-perän mustaliuskekontaktista osittain kontaminoituneet vedet johdetaan suotovesialtaiden kautta käsittelyyn tai prosessikiertoon. Sivukivialueen sulkemisen jälkeen käsittelyä vaativat vedet johdetaan suotovesien tavoin joko käsittelyyn tai prosessikiertoon tai avolouhoksen toiminnan lopputtua Kuusilammen louhosjärveen. Rakenteen alapuolisten vesien laatua ja määrää seurataan sivukivialueen sulkemisen jälkeen.

Suojapumppauksia jatketaan sivukivialueen lähistöllä niin kauan kuin se on tarpeellista. Suojapumppausten tarpeen arvioidaan kuitenkin loppuvan ennen koko kaivostoinnin loppumista alueella ja tarvittaessa käsittelyä vaativat vedet johdetaan Kuusilammen louhosjärveen.

Terrafame esittää seuraavan taulukon mukaisia pitoisuustasoja tavoitepitoisuuksiksi, eli sivukivialueen pohjarakenteen alapuolisten vesien pitoisuuksien ollessa taulukon mukaisia tai pienempiä voitaisiin vedet johdtaa ympäristöön:

Nikkeli (µg/l)	Sinkki (µg/l)	Uraani (µg/l)	Sulfaatti (mg/l)
100	500	10	200

Peittorakenteen päältä tulevat hulevedet

Peittorakenteessa tiivisrakenteen (kalvon) päällä käytetään vain puhtaita maa-aineksia, joten peittorakenteen päältä tulevat hulevedet ovat puhtaita vesiä ja ne voidaan johtaa ympäristöön. Sivukivialueen vaihteellinen sulkeminen lisää peittorakenteen päältä tulevien hulevesien määrää vaihteellisesti.

Sivukivialue KL2 on jaettu sulkemisen jälkeisessä tilanteessa kolmeen valuma-alueeseen. Jokaiselle valuma-alueelle rakennetaan laskeutusallas, jonka kautta peittorakenteen päältä tulevat vedet johdetaan nykyisiin ojiin. Itäpuolen laskeutusaltaista vedet johdetaan Pirttipuroon ja Kivipuroon, joista vedet ohjautuvat Talvijokeen ja Talvijoesta Jormasjärveen Talvijoan valuma-alueelle (59.884). Luoteisreunan laskeutusaltaasta vedet johdetaan kohti Pikku-Hakosta ja Hakopuroa Tuhkajoen valuma-alueelle (59.885).

Terrafame esittää edellä olevan taulukon mukaisia pitoisuustasoja tavoitepitoisuuksiksi myös peittorakenteen päältä tuleville hulevesille, eli peittorakenteen päältä tulevien hulevesien pitoisuuksien ollessa taulukon mukaisia tai pienempiä, voitaisiin vedet johtaa ympäristöön.

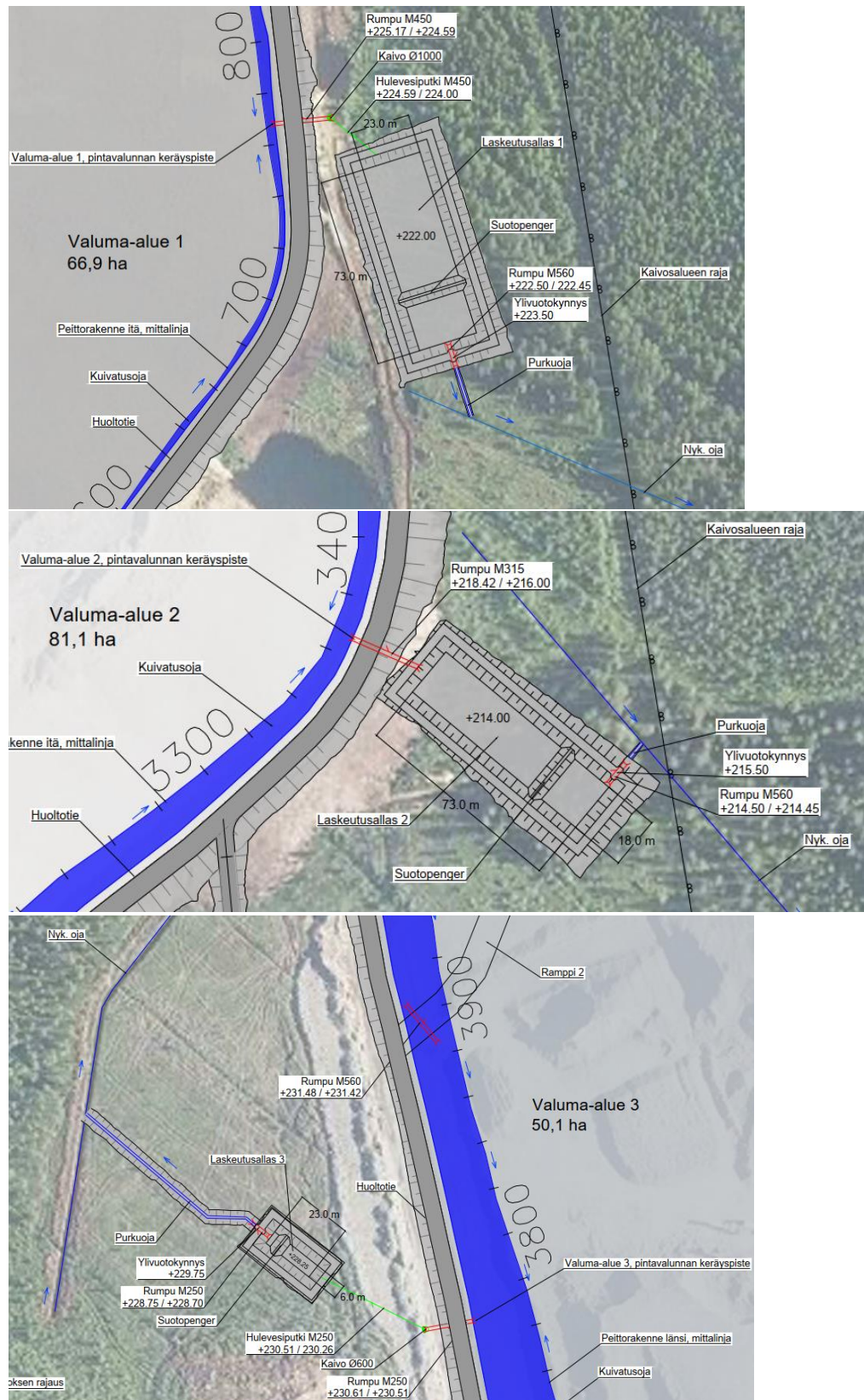
Jos tarpeen, Kuusilammen avolouhoksen toiminnan lakattua on mahdollista johtaa sivukivialueen ainakin länsipuolen peittorakenteen päältä tulevat vedet Kuusilammen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen ojitusjärjestelyjä muuttamalla. Tarkempi suunnitelma näiden vesien johtamiseksi laaditaan Kuusilammen avolouhoksen sulkemissuunnittelun yhteydessä.

Laskeutusaltaiden rakenteet ja rakentaminen

Sivukivialueen KL2 peittorakenteen päältä tulevat valumavedet johdetaan laskeutusaltaisiin. Sulkemisen jälkeisessä tilanteessa sivukivialue on jaettu kolmeen erilliseen valuma-alueeseen ja jokaiselle valuma-alueelle on mitoitettu oma laskeutusaltaansa. Laskeutusaltaiden mitoituksessa on huomioitu sivukivikasan ja huoltotien välisen reunaosan viivytystilavuus sekä ilmastomuutoksen ennakoitu vaikutus eli mitoitusasteen intensiteetissä on huomioitu 20 %:n kasvu verrattuna nykytilanteen sateen intensiteetteihin. Laskeutusaltaiden mitoitusraportti on esitetty hakemuksen liitteenä. Raportin mukaan laskeutusaltaiden yläpuolisen valuma-alueen pinta-alan mukainen mitoitus määritettiin sekä lumen sulamisen että rankkasateen perusteella. Mitoitustarkastelun perusteella rankkasade aiheuttaa suuremman virtaaman ja altaiden mitoitus tehdään rankkasateen synnyttämän virtaaman perusteella. Laskeutusaltaat on mitoitettu laskeuttamaan mitoitusvirtaamalla halkaisijaltaan vähintään 0,02 mm:n kiintoaines (hieno hieta / karkea siltti ja sitä karkeampi kiintoaines).

Laskeutusaltaat rakennetaan maapohjaisina altaina. Altain pohja ja reunat verhoillaan vähintään 500 mm paksuisella kerroksella hienoaiespitoista moreenia. Moreeniverhoilun päälle asennetaan suodatinkangas ja sen päälle eroosioverhous esimerkiksi sepelistä tai kalliomurskeesta. Laskeutusaltaisiin rakennetaan suotopenkereet karkeasta kiviaineksesta kiintoaineksen laskeuttamisen tehostamiseksi.

Seuraavassa kuvassa ovat laskeutusaltaiden 1, 2 ja 3 suunnitelmakartat (piir.nro R3-2.1, R3-2.2 ja R3-2.3, 15.12.2023).



Sivukivialueen ulkopuoliset vedet

Sivukivialueen sulkeminen ei lähtökohtaisesti vaikuta sivukivialueen ulkopuolisten vesien johtamiseen. Kuitenkin alueiden sulkeminen vaikuttaa positiivisesti koko Terrafamen vesitaseeseen, kun käsittelyyn tulevien vesien määrä vähenee.

Suotovesien määrä ja laatu sulkemisen jälkeen

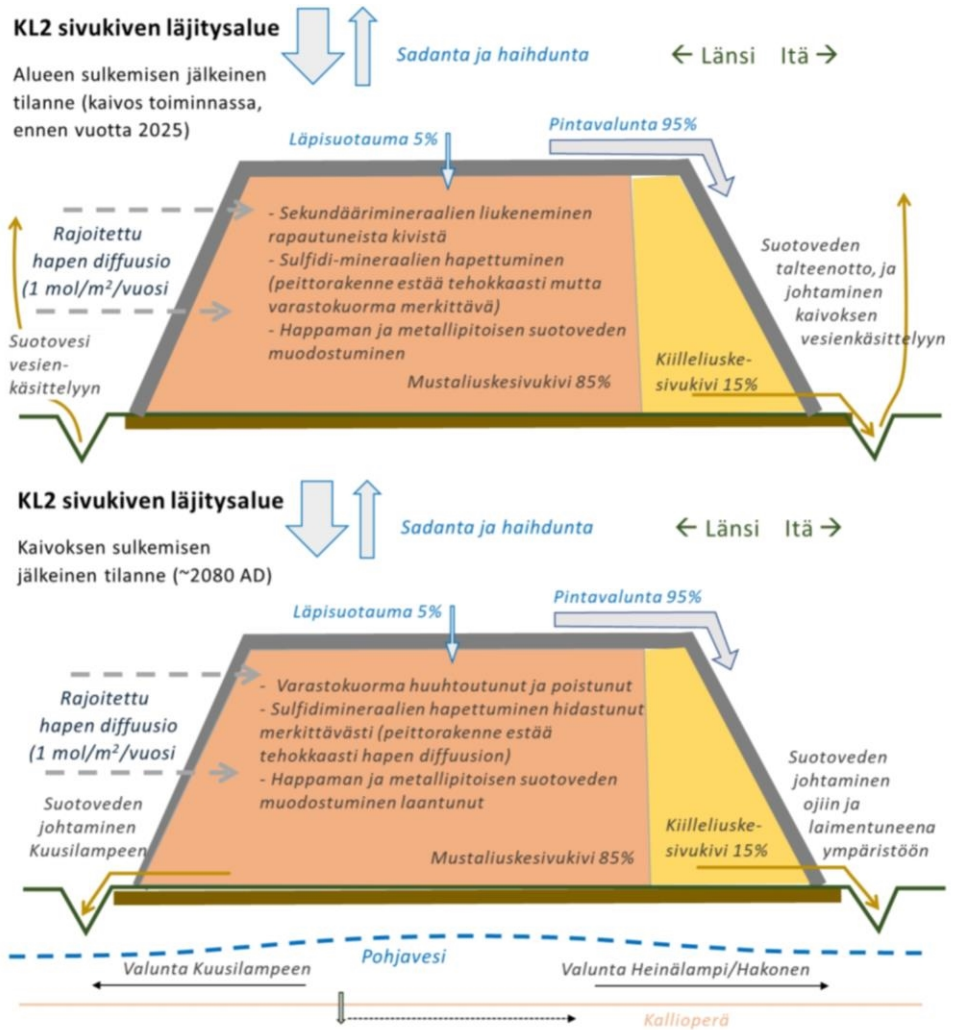
AFRY Finland Oy on arvioinut geokemiallisen mallinnuksen avulla sivukivialueella KL2 muodostuvan suotoveden määrää ja koostumusta sulkemisen jälkeen.

Geokemiallisen mallinnuksen lähtötiedot

Geokemiallisen mallinnuksen lähtötietoina on käytetty mm. sivukiven geokemiallisia ominaisuuksia kuvaavien analyysien tuloksia, kiviaineksen pitkäaikaiskäyttämistä kuvaavien kosteuskammiokeiden tuloksia viikkojen 0–24 ajalta sekä alueen teknisiä suunnitelmia ja tietoja paikallisista luonnonolosuhteista.

Mallinnusraportin (AFRY Finland Oy) mukaan KL2-alue peitetään vuodesta 2025 alkaen, mutta Kuusilammen avolouhos pysyy suunnitelmien mukaan avoinna aina 2040-luvulla saakka, mahdollisesti pidempäänkin. Näiden >25 vuoden aikana kun KL2 on peitettynä, ehtii peittämättömän historian aikana muodostunut varastokuorma huuhtoutua pois. Siten mallinnuksessa käytetty oletus, että tasapainotila on saavutettu, aiheuttaa vähän epävarmuutta varastokuorman osalta, joka voi olla merkittäväkin tekijä Terrafamen kaivoksen mustaliuskeiden kaltaisille reaktiivisille kiville.

Läjitysalueen pohjarakenne on tiivis ja siksi alueen sulkemisen jälkeen (mutta kaivoksen toiminnan aikana) suotovesi on kokonaan talteen otettavissa. Seuraavassa kuvassa esitetään mallinnusraportista juuri peitetyn sivukivialueen tilanne (yläkuva) ja mallinnuksen tilanne, jossa koko kaivos on suljettu (alempi kuva).



Sivukivialueen KL2 geokemiallisen mallin lähtötiedot ja konseptualisoinnissa käytetyt arvot ovat seuraavassa taulukossa.

Parametri	Syötetieto tai oletus	Yksikkö
Säätietojen vuotuiset keskiarvot		
Lämpötila	4,5	°C
Vuotuinen nettosadanta	375	mm/a
Skaalauskerroimet		
Lämpötilakerroin	0,25	Arrheniuksen yhtälö
Raekokokerroin	0,2	
Kanavoitumis-/huuhtoutumiskerroin	0,2	
KL2 tekniset tiedot ja konseptualisointi		
Pinta-ala	200	ha
Tilavuus	69,3	Mm ³
Vuotuinen suotauma (peitetty)	18,8	mm/a

Vuotuinen suotauma (peitetty)	37 500	m ³ /a
Suotovesien talteenotto ojiin	100	%
Peittorakenteen veden läpäisy	5	% nettosateesta
Mustaliuskeen osuus massasta	85	%
Kiilleliuskeen osuus massasta	15	%
Kiviaineksen keskimääräinen tiheys	2100	kg/m ³
Liukoisuusominaisuudet	Kosteuskammiokokeet	
Mustaliuske (näytteet 1,2,3,4)	KA viikoilta 0–24	mg/kg/vko
Kiilleliuske (näytteet 9,10,11,12)	KA viikoilta 0–24	mg/kg/vko
Hapen pääsy sivukivialueelle (peittorakenteen vaikutus)		
Happivuo	1	mol/m ² /a
Happivuo skenaario) (vaikutustenkartoitus	2	mol/m ² /a

Mallinnusraportissa on perusteltu kosteuskammiotuloksista valittu viikkojakso. Raportissa esitetään tuloksia viikkoon 78 asti ja todetaan, että tärkeimpien potentiaalisesti haitallisten aineiden osalta alkupäähän keskittyvä viikkojakson valinta tuottaa konservatiivisia tuloksia. Mallinnuksen valmistumisen jälkeen laskettiin myös tulokset käyttäen pidempää viikkojaksoa (0–40) eikä vertailussa havaittu merkittäviä poikkeamia, keskimäärin aineiden liukeneminen väheni käytettäessä pidempää aikajaksoa.

Sivukivialue KL2 on ollut käytössä vuodesta 2017 ja sulkemiseen liittyvää koetoimintaa on tehty useita vuosia. Peittäminen on aloitettu vuoden 2024 aikana ja tullaan saattamaan loppuun noin kymmenen vuoden kuluessa. Mukana peitettävillä alueilla on siis vähän aikaa sitten läjitettyä kiveä, jota edustaa kosteuskammiosyötteen alkupää, ja kauemmin alueella ollutta kiveä, jota edustaa mallinnussyötteen loppupää. Peittämisen jälkeen hapettumisen ja huuhtoutumisen vaikutus vähenee huomattavasti, joten vanhinkaan sivukivialueella olevista kivijakeista ei pääse kosteuskammiokeiden loppupään edustamaan tilanteeseen. Tähän tietoon perustuen kosteuskammiokeista tehtyyn syötteeseen ei ole perusteltua ottaa mukaan loppupään tuloksia.

Avoimen jätealueen tulokset validoitiin perustuen mitattuihin suotoveden koostumuksiin eli voidaan todeta mallin edustavan tämän hetken tilannetta hyvin. Kuten yllä todetaan, peittorakenne lähes pysäyttää hapen pääsyn alueelle eli rapautuminen hidastuu merkittävästi. Voidaankin olettaa, että epävarmuuksia sulkemisen jälkeiseen malliin tulee enemmän peittorakenteen vaikutusten arvioinnista, jonka tuloksia ei voida validoida, ja vähemmän itse sivukivialueen konseptualisoinnissa käytetyistä lähtötiedoista, jotka on validoitu.

Sulkemissuunnittelu on jatkuvasti etenevä prosessi, eikä tällä hetkellä nähdä tarvetta uusien sivukivialueiden KL2 suotovesimallinnusta sivukivialueiden KL2 sulkemissuunnitelmaa varten tai koko toiminnan sulkemissuunnitelmaa varten. Viikkojakso 0–40 nähdään konseptuaalisella tasolla jaksoa 0–24 optimaalisempaan sivukivialueelle KL2, mutta viikkojakson vaihto ei tuota oleellista eroa suotovesilaatuun. Malleihin liittyy epävarmuuksia, joita ei voida luotettavasti vähentää ilman todentamista. Sivukivialueiden KL2 peittämisen (sulkemisen) jälkeen suotoveden määrää ja laatua tullaan tarkkailemaan. Näiden tulosten ja muun tällä hetkellä tapahtuvan tiedon keruun (esimerkiksi sekundäärikasojen karakterisoinnin) tulosten perusteella voidaan tulevaisuudessa arvioida uudelleen jätealueiden sulkemiseen liittyviä mallinnuksia ja vähentää niiden epävarmuuksia perustuen lähtötietojen paranemiseen eikä näennäiseen mallin tarkkuustason parantamiseen. Koko toiminnan sulkemissuunnitelman päivityksen yhteydessä voidaan siis uudelleen arvioida mallien tarkentamisen tarvetta perustuen kerättyyn tietoon. Tällä hetkellä kymmenien vuosien päähän suuntautuviin toimiin sisältyy kuitenkin aina epävarmuuksia, joiden totuudenmukainen arviointi tällä hetkellä on haasteellista ja itsessään epävarmaa.

Mallinnus sijoittuu kymmenien vuosien päähän (> 2050) ja keskisadannaksi alueella on oletettu 750 mm vuodessa. Sadantatietoja on saatavilla sekä Kuolaniemen että Tuhkakylän sääasemilta. Kuolaniemen asema sijaitsee 8 km päässä kaivosalueelta ja Tuhkakylän asema 3 km päässä. Kuolaniemi on vedenjakajan toisella puolen kuin kaivospiiri keskimäärin, ja siellä sadanta on vähäisempää kuin Tuhkakylän sääasemalla. Tuhkakylän sääasema on aloittanut toimintansa vuonna 2019, joten saatavissa oleva tieto ei ole tilastollisesti riittävää mallinnuksen kannalta. Tämän takia sadanta arvioissa tarkasteltiin tietoja kummaltakin sääasemalta.

Kuolaniemen sääaseman (2011–2020) tietojen mukaan keskisadanta olisi 628 mm/vuosi ja keskilämpötila 3,5 °C. Tuhkakylässä sadanta on suurempaa ja määrissä on nouseva kehitys, joten näitä käytettiin pääsääntöisesti geokemian mallin lähtötiedon luomisessa. @risk-laskutavalla määritettiin vuosittaiseksi keskisadannaksi 750 mm/vuosi. Tämä on hienoinen yliarvio perustuen siihen, että ilmastonmuutoksen (RCP 4.5 ilmastonlämpenemisskenaarion mukaan) myötä sadannan oletetaan kasvavan ja mallinnus ajoittuu tulevaisuuteen. Sadannan kasvu lisää veden määrää eli laimentaa pitoisuuksia, mutta lisää suotoveden määrää. Peittorakenteen mallinnuksessa sadannan väheneminen vähentää imeyntää, mutta myös pienentää peittorakenteen kosteutta eli lisää happivuota, joka näyttäytyy tärkeimpänä ympäristökuormaa lisäävänä tekijänä. Eli ei voida suoraan sanoa onko konservatiivista arvioida sadantaa ylös vai alaspäin.

Haihdunnaksi mallinnuksessa on oletettu 50 % sadannasta. Keskimääräinen haihdunta 50 % perustuu lähinnä keskimääräiseen järvihaihduntaan Suomessa. Sivukivialueilla ei ole kasvillisuutta eikä maaperäkerroksia, joissa voisi tapahtua transpiraatiota, vaan haihdunnan oletetaan olevan kokonaan evaporaatiota kiven pinnasta. On huomattava, että

sulkemisen jälkeisessä vedenlaatuarviossa on suotoveden määränä käytetty peittorakenteen tavoitetoiminnallisuutta, 5 % nettosadannasta.

Mallinnuksessa keskilämpötilaksi on oletettu 4,5 °C, joka perustuu ilmastonmuutoksen vaikutuksen keskimääräisiin ennusteisiin. Malliin käytetyt lähtötiedot on valittu konservatiivisesti.

Geokemiallinen mallinnus

Numeerinen geokemiallinen mallinnus on tehty Geochemist's Workbench -ohjelmalla. Geokemiallisessa mallinnuksessa ei ole otettu kantaa tarkemmin peittorakenteen rakennekerrokseen, vaan peittorakenteen ominaisuuksien parametrit perustuvat peittorakenteelle asetettuihin suorituskysymyksiin:

- peittorakenteen läpäisee maksimissaan 5 % vuosittaisesta nettosadannasta
- peittorakenteen hapenläpäisy (happivuo) on maksimissaan 1 mol/m² vuodessa.

Sivukivialueen suotovesilaadun mallinnus ei siis ole suoraan kytketty peittorakenteen mallinnukseen. Suotoveden geokemiallinen malli käyttää lähtötietona edellä mainittuja toimintatavoitteita, mutta ei tarkemmin määrittele miten näihin tavoitteisiin päästään. Hakemuksessa esitetyn peittorakenteen mukaan rakennetulle peitolle nämä ovat selkeitä yliarvioita, pohjoisissa oloissa huonommillaakin arvoilla rakennetuista peitoista on mitattu selkeästi pienempiä hapen- ja veden läpäisyarvoja (MiMi, 2004). Arvioon on siis sisällytetty tyypillisesti peittojen suoriutumisen mallintamisessa käytetty oletus, että rakenteessa on reikiä. Jos tiivisrakenteena toimivaan LLDPE-kalvoon ei muodostu vaurioita, ei suotovesiä muodostu sivukivialueella lainkaan.

Happivuon suuruuden vaikutusta suotoveden geokemialliseen laatuun on arvioitu tekemällä mallinnus myös tilanteessa, jossa peittorakenteen hapenläpäisy onkin em. suurempi, 2 mol/m² vuodessa. Lisäksi on arvioitu suotoveden laatua tilanteessa, jossa sivukivialuetta ei ole suljettu.

Suljetun sivukivialueen kuormitus muodostuu alueelle satavan veden ja sivukiven pinta- ja rapautumisreaktioiden yhteisvaikutuksesta sekä sekundäärimineraalien muodostumis- ja liukenemisreaktioista. Peittorakenteen hidastaa rapautumista rajoittamalla veden ja hapen pääsyä sivukivitäyttöön.

Mallinnustulos on todennettu vertaamalla peittämättömän sivukivialueen mallinnustulosta sivukivialueen rakenteiden alapuolisista salaojista ja suotovesikanaaleista vuosina 2019–2022 mitattuihin keskimääräisiin pitoisuuksiin. Peittämättömän sivukivialueen mallinnuksen tulokset vastaavat suuruusluokaltaan mitattuja pitoisuuksia. Lisäksi peittorakenteen konseptualisointi mallinnuksen yhteydessä perustuu yleisesti hyväksyttyyn tapaan mallintaa peitettyjä sivukivikasoja, joiden tulokset on verifioitu toteutuneissa kohteissa vastaavan hyvin mallin ennustamia tuloksia pitkällä aikavälillä.

Happea 1 mol/m²/vuosi läpäisevä peittorakenne pienentää suotoveden pitoisuudet keskimäärin alle kahteen promilleen verrattuna ilman peittoa olevaan tilanteeseen. Lisäksi tiiviin peittorakenteen vaikutuksesta suotoveden pH pysyy selkeästi korkeampana kuin peittämättömässä sivukivikasassa. Tällöin Fe⁺³-ionit voivat muodostaa hapen kanssa sorptiokykyisiä mineraaleja, jotka poistavat suotovedestä suuren osan arseenia, kromia, kuparia, elohopeaa, molybdeeniä, lyijyä, tinaa, uraania ja hie-man myös sinkkiä. Vuotuinen suotoveden määrä peittorakenteen 5 %:n läpäisevyydellä on 31 400 m³ vuodessa eli noin 86 m³ päivässä.

Mallinnuksen tulokset tarkkailuohjelman mukaisesti suotovedestä seurattavien parametrien osalta on esitetty seuraavassa taulukossa. Rautapitoisuus on ilmoitettu syötteessä suoraan kosteuskammiotuloksista johdetun liuoksen mukaan. Lihavoidut alkuaineet poistuvat tehokkaasti liuoksesta pH:n ollessa peittorakenteen vaikutuksesta korkeampi.

Parametri	Yksikkö	Mallinnusskenaario (peittorakenteen läpi menevän happivuon määrä)		
		1 mol/m ² /a	2 mol/m ² /a	ei peittoa, happivuota ei rajoitettu
pH		5,2	4	3,1
Alumiini (Al)	mg/l	0,46	0,91	310
Antimoni (Sb)	mg/l	0,00022	0,00044	0,15
Arseeni (As)	mg/l	0,00001	0,00014	0,29
Barium (Ba)	mg/l	0,0013	0,0025	0,86
Elohopea (Hg)	mg/l	<0,00001	<0,00001	0,00021
Fosfori (F)	mg/l	0,00089	0,0063	70
Kadmium (Cd)	mg/l	0,013	0,026	8,8
Kalsium (Ca)	mg/l	3,9	7,8	2700
Koboltti (Co)	mg/l	0,022	0,044	15
Kromi (Cr)	mg/l	<0,00001	0,00005	0,31
Kupari (Cu)	mg/l	0,038	0,24	83
Lyijy (Pb)	mg/l	<0,00001	0,0003	0,2
Magnesium (Mg)	mg/l	1,1	2,2	750
Mangaani (Mn)	mg/l	2,3	4,5	1500
Natrium (Na)	mg/l	0,32	0,63	220
Nikkeli (Ni)	mg/l	1,8	3,7	1300
Rauta (Fe)*	mg/l	3,4	6,4	2300
Sinkki (Zn)	mg/l	3,6	7,4	2500
Sulfaatti (SO ₄)	mg/l	34	71	26000
Uraani (U)	mg/l	0,00007	0,011	12
Vanadiini (V)	mg/l	0,0011	0,0023	0,78

Jos suotovedet johdetaan ympäristöön, suotoveden mukana ympäristöön päätyvien aineiden määrät sulkemisen jälkeen on esitetty seuraavassa taulukossa. Mallinnusta tehdessä on vesienjohtamisen osalta oletettu silloisten valuma-alue tarkastelujen perusteella, että puolet riittävän puhtaista suotovesistä johdetaan itään ja puolet Kuusilammen louhosjärveen.

Sivukivialueen KL2 suotoveden mukana ympäristöön päätyvien aineiden määriä (kg/vuosi) sulkemisen jälkeen peittorakenteen läpäisyn ollessa 5 % sadannasta ja happivuon määrän $1 \text{ mol/m}^2/\text{a}$ on seuraavassa:

Parametri	Kuormitus (kg/a)	Parametri	Kuormitus (kg/a)
Alumiini (Al)	17	Lyijy (Pb)	0,0001
Antimoni (Sb)	0,0082	Magnesium (Mg)	42
Arseeni (As)	0,0005	Mangaani (Mn)	85
Barium (Ba)	0,047	Natrium (Na)	12
Elohopea (Hg)	0*	Nikkeli (Ni)	69
Fosfori (F)	1,3	Rauta (Fe)	0*
Kadmium (Cd)	0,48	Sinkki (Zn)	140
Kalsium (Ca)	150	Sulfaatti (SO_4)	1300
Koboltti (Co)	0,82	Uraani (U)	0,0025
Kromi (Cr)	0*	Vanadiini (V)	0,043
Kupari (Cu)	1,4		

*= Aineiden määrät ovat nolla, koska vallitsevissa oloissa rauta saostuu rautaoksihydroksideina, jotka sorboivat erityisen tehokkaasti kromia ja elohopeaa

Geokemian mallissa sadannan lisääntyminen vain laimentaa vettä vaikuttamatta kuormiin, mikäli huuhtoutumisen ei katsota selkeästi lisääntyvän. Sulkemisen jälkeisessä mallissa vuotuinen veden läpivirtaus (5 % nettosadannasta eli $18,8 \text{ mm/vuosi}$) on pieni, eikä sadannan lisääntymisen 33 prosentilla (kasvu 750 mm :stä 1000 mm :n vuodessa) voida katsoa vaikuttavan merkittävästi huuhtoutumiseen, läpivirtaama on silti vähäistä (1000 mm :n sadannalla vuodessa, läpivirtaama on 25 mm/vuosi).

Sulkemisen jälkeen kuorman pysyminen samana perustuu siihen, että sadannan lisääntyminen ei vaikuta hapen pääsyyn sivukiviin, vaan teoreettisesti sadannan kasvu voisi hieman vähentää happivuota peittorakenteen keskimääräisen kosteuden lisääntymisen myötä. Kaiken sivukiviin pääsevän hapen oletetaan reagoivan sivukivien kanssa, joten happi on kuormien muodostumisessa rajoittava tekijä. Ehdotetussa skenaariossa pitoisuuksien voidaan siis katsoa pienenevän 25 % ja kuormien pysyvän samana. Laimeneminen voi aiheuttaa myös joitain muutoksia tasapainoreaktioissa, esimerkiksi pH:n nousu ja siten sorption lisääntyminen, mutta näillä katsotaan olevan pieni (ja kuormia vähentävä) vaikutus.

Maakerrosten jäätyminen ja sulaminen vaikuttavat myös suotoveden määrään. Jään sulamisvaiheessa vettä on yleensä hetkellisesti suhteellisen paljon, mikä lisää luonnollisenkin maaperän olosuhteissa pintavalunnan suhteellista osuutta. Sama koskee myös kaivannaisjätealueita. Sulamiskaudella myös peiton (maa-aineksen) vesipitoisuus kasvaa ja vähentää siten hapen läpäisyä. Jäätyminen taas vähentää sekä veden että hapen läpäisyä. Jos keinotekoisien eristeen toiminta on osittain tai kokonaan lakannut, voidaan olettaa, että vettä suotautuu enemmän läpi kuin tilanteessa, jossa eriste toimii suunnitellusti. Lumen sulamisvaiheessa maan ollessa jäässä, pintavalunnan suhteellinen osuus kasvaa, ja kalteva pinta lisää pintavalunnan osuutta. Kaltevalla pinnalla, etenkin jos se on tiivis tai jäässä, pintavalunta on suurempaa kuin tasaisella.

Mallinnuksessa kartoitettiin rakenteen toimintakyvyn hiipumista ja huononemista tekemällä suotovesilaadun määrittäminen myös tapaukselle, jossa peiton läpi pääsee happea $2 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$. Tämä sallii peitossa olevan vaurioita hyvinkin pessimistisen arvion mukaan. Konservatiivisesti käytäytävien aineiden osalta kuormat kaksinkertaistuvat, koska hapen saatavuus rajoittaa kuormien vapautumista. Tässä tilanteessa suotoveden pH on noin 4, mikä tarkoittaa sitä, että pidättymisen vaikutus on jo vähäinen ja kaasuvuon mahdollinen kasvu kasvattaa kuormia lineaarisesti suhteessa hapen määrään. Tarkastelussa on oletuksena, että kaikki happi reagoi kiviaineksen kanssa ja muodostaa kuormaa suhteessa hapestuvan rikin määrään samassa suhteessa kuin kosteuskammiokeessa. Tällä muutoksella on vaikutusta joidenkin haitta-aineiden pidättymiseen, mm. kuparin pitoisuus lisääntyi huomattavasti, sinkin pitoisuus kasvoi 105 %, mutta nikkelin ja kadmiumin pidättymiseen muutoksella ei ollut vaikutusta, näitä aineita ei pidättynyt kummassakaan mallinnuksen skenaariossa. Tämä skenaario voidaan nähdä tilanteena, jossa ”kalvo ei enää toimi suunnitellusti”. On huomioitava, että mallinnettu pääskenaario (happivuo $1 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$) myös sallii kalvon toimia huonommin kuin on peiton suorituskyky suunnitelmien mukaan. Tätä raportoitua ($2 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$) tapausta suurempi kalvon ominaisuuksien heikkenemisen tarkastelu suuruusluokkatasolla voidaan tehdä yksinkertaisella kertolaskulla.

Mallinnukseen ei ole sisällytetty hyvin pitkän ajan arvioita, joka liittyisi itse peitemateriaalin vakavaan kulumiseen tai katastrofaalisiin tapahtumiin kuten rinteiden sortuminen. Tämän vaikutuksen arviointiin pitäisi käyttää erilaista mallinnustapaa kuin nykyinen suotovesilaadun malli. Mallissa oleellisinta olisi arvioida vaurion tyyppiä ja laajuutta. Environmental Agency (2004) mukaan HDPE-kalvojen elinikä on yli 750 vuotta. Terrafamen kalvotoimittajan mukaan heidän toimittamansa LLDPE-kalvon elinikä on yli 400 vuotta. LLDPE-kalvojen eliniän määrittely on haastavaa pitkäaikaistestauksen tulosten puuttuessa. Se on arvioitu lyhyemmäksi kuin HDPE-kalvojen, mutta esimerkiksi Ojeda et al. (2011) ja Felgel-Farnholz et al. (2023) eivät havainneet HDPE- ja LLDPE-kalvojen kulumisessa suuria eroja. Kulumista entisestään vähentää UV-valoaltistuksen puuttuminen. Environmental Agency (2004) mukaan LLDPE-kalvoissa tapahtuu ennemmin jännityksiin liittyviä repeämiä epätodennäköisesti ennen kuin materiaali saavuttaa hapettumistilan, jossa

rakenne muuttuu hauraasti käyttäytyväksi (HDPE-kalvoissa nämä ovat todennäköisempiä), eli kymmenien tai useiden satojen vuosien aikavälillä reikien muodostuminen johtuen materiaalin ominaisuuksien muuttumisesta on epätodennäköistä.

Mallinnuksessa käytetty tapa on pitkälle yksinkertaistettu, ja tulokset edustavat yhtä ”keskimääräistä” vuotta sen jakson aikana, jota malli edustaa. Epävarmuutta mallin tuloksiin tulee lähtötiedoista (mm. näytteiden edustavuus, menetelmien soveltuvuus), mallin parametrisoinnista ja tehdyistä yksinkertaistuksista sekä tulevaisuuden ennustamiseen liittyvistä puutteista (mm. ilmastomuutoksen vaikutuksen ennustaminen). Todellisuudessa vuodenaikoihin ja vuosittaiseen vaihteluun liittyy merkittäviäkin kuivien ja märkien jaksojen välisiä eroja. Mallinnuksessa on käytetty arviota ilmastomuutoksen vaikutuksesta, mutta jos ilmastomuutoksen seurauksena keskilämpötila nousee huomattavasti arvioitua enemmän, nopeuttaa se rapautumista ja kasvattaa suotoveden pitoisuuksia. Sadannan kasvu taas laimentaa pitoisuuksia suotoveden määrän kasvaessa. Kuormiin sadannan kasvu ei vaikuta.

Vaikka mallissa on hyödynnetty vain alkuaian kosteuskammiokokeiden tuloksia, voidaan niiden perusteella arvioida riittävän luotettavasti sivukiven pitkäaikaiskäyttäytymistä. Alkuviikkojen kosteuskammiokokeiden tulosten käytön arvioidaan jopa lisäävän mallinnustulosten konservatiivisuutta, sillä kosteuskammiokokeiden alun korkeat pitoisuudet vaikuttavat mallinnuksessa käytettävään keskiarvopitoisuuteen sitä nostavasti. Mallinnustulosten konservatiivisuutta lisää myös se, että sivukivialueen sulkemisajankohtana osa sivukivistä on ollut läjitettynä huomattavan pitkän ajan ja alkuvaiheen korkeampia pitoisuuksia tuottava hapettuminen on jo osalla sivukivistä tapahtunut.

Kokonaisuutena tarkastellen mallinnuksen tulosten arvioidaan antavan konservatiivisen, realistisen arvion tiiviin peittorakenteen vaikutuksesta muodostuvan suotoveden määrään ja laatuun.

Sivukivialueen vaiheittainen sulkeminen vähentää muodostuvan suotoveden määrää vaiheittaisesti. Sivukivilouheen hyvän vedenjohtavuuden vuoksi tiiviin peittorakenteen rakentamisen vaikutus näkyy suotoveden määrässä nopeasti.

Varastokuorman vaikutus suotovesien laatuun

Suotovesimallinnuksessa on oletettu sivukivitäytössä olevan tietty varastokuorma. Ylösvirtauskolonnikokeilla (esim. SFS-EN 14405:2017) saadaan käsitys rapautuneista kivistä irtoavasta kuormasta. Terrafamen kolonnikokeissa käytettiin rapautumiselle (normaalissa ulkoilmassa ilman katosta) eri pituisen ajan altistuneista kivistä kerättyä kiviainesta, eli ne vertautuvat sivukivialueella KL2 alueella tällä hetkellä oleviin kiviin. Kokeen aikana näytteeseen lisätään vettä pohjalta samalla kun sitä poistetaan päältä. Näyte pysyy koko testin ajan vedellä saturoituneena. Kokeen lopussa huuhtoutumissuhde eli kiviaines–nestesuhde on 10, johon mennessä aineiden kumulatiivinen vapautuminen on tyypillisesti tasaantunut.

Jos arvioidaan, että hapettumisen päätyttyä (eli noin 1–2 vuotta peittorakenteen rakentamisen jälkeen) kivistä irtoaisi kaikki siihen kertyneet rapautumistuotteet, yhdestä kilosta sivukiveä irtoaisi ~200 mg rikkiä (suuruusluokkatasolla arvioiden). Tämä on noin sama määrä rikkiä kuin kivistä irtoaa kahden viikon aikana kosteuskammiokoeksessa. Eli kivi-massaan varastoituneiden rapautumistuotteiden liukenemisesta aiheutuva kuorma voidaan arvioida pieneksi verrattuna hapettumisen aiheuttamaan kuormaan. Peittämisen seurauksena sivukiven läpi virtaavan veden määrä pienenee ja siten on vaikea arvioida kuinka kauan rapautumistuotteiden liukenemisesta johtuvan kuorman purkautuminen kestää. Pääosa aineista on liennut suurimmasta osasta näytteitä neste/kiinteä suhteeseen 2, tai viimeistään 5, mennessä, mutta sulkemisen jälkeen huuhtoutumisen määrä on pieni, joten tämän suhteen saavuttamiseen voi mennä vuosia.

Helppoliukoisten sekundääristen mineraalien kuten metallisulfaattien liukenemisen vaikutus suotoveteen nähdään ylösvirtauskolonnikoeksessa. Siinä ei kuitenkaan nähdä hapetustilan muutoksen mahdollisesti hitaammin aiheuttamia reaktioita, esimerkiksi hapettomissa oloissa pysymättömiksi tulevien rauta-oksi-hydroksidien ja niihin sitoutuneiden alkuaineiden liukenemista.

On myös huomioitava, että osa sekundäärimineraaleja purkautuu jo toiminnan aikana. Purkautuvien sekundäärimineraalien vaikutus veden laatuun on mukana mallinnuksen kosteuskammiosyötteissä. Sekundäärimineraalien muodostumista ja purkautumista kosteuskammiossa voidaan havaita esimerkiksi raudan ja sulfaatin määräsuhteiden muutoksina suotovedessä.

Kuten sivukivialueen KL2 suotoveden mallinnuksesta nähdään, sulkeamisen jälkeen suotoveden pH on matala. Sorption ja muiden pidättymistä aiheuttavien prosessien vaikutusta nähdään lähinnä kuparin käytäytymisessä. Tärkeimpien potentiaalisten haitta-aineiden (Ni, Cd) pidättäminen on olematonta. Koska pidättäminen ei ole erityisen tehokasta, myös hapetustilan muutoksilla on pieni vaikutus varastokuormasta mahdollisesti aiheutuvaan kuormaan. Alhaisessa pH:ssa stabiilien sekundäärimineraalien (mm. jarosiitti ja schwertmanniitti) mahdollista vaikutusta pidättymiseen ei ole huomioitu tasapainomallinnuksessa metallien pidättymistä lisäävänä tekijänä, joten se ei myöskään aiheuta mallissa tasapainoreaktioista johtuvaa purkautuvaa kuormaa. Lopputulema ei muutu, kun malli aliarvioi sekä sulfaattisiin sekundäärimineraaleihin liittyvää metallien pidättymistä että vapautumista.

Kosteuskammiokoekiden loputtua kokeen loppuun läpikäyneille näytteille tullaan tekemään kattava kemiallinen ja mineraloginen analyysi tehtyjen oletusten varmistamiseksi tai epätavallisten prosessien havainnoimiseksi. Näytteet eivät ole suoraan verrattavissa KL2 alueen kiviin, joissa hapettuminen ei yhtiön suunnitelmien mukaan toimittaessa pääse koskaan etenemään yhtä pitkälle kuin kosteuskammiokoeksissa, mutta kokeen loppunäytteet tarkentavat käsitystä mahdollisista redox-muutoksiin liittyvistä riskeistä.

KL2 alueen suotovedet tullaan johtamaan vesienkäsittelyyn alueen peittämisen jälkeen siihen asti, kunnes koko toiminta alueella lakkaa. Tämän vaiheen aikana voidaan olettaa varastokuormasta aiheutuvien haitta-aineiden huuhtoutuvan merkittävältä osin sivukivialueelta vesienkäsittelyyn. Tämän jakson aikana suotovesien laatua voidaan tarkkailla kymmenien vuosien ajan ja tehdä havaintoja sivukivialueen tilanteen kehityksestä peittorakenteen valmistumisen ja hapen pääsyn tehokkaan estämisen jälkeen. Näitä havaintoja voidaan käyttää suunniteltaessa sulkemisrakenteita muille rakennettaville sivukivialueille ja myös muille peittorakenteille, esimerkiksi sekundääriliuotusalueiden peittorakenteille. Tällä vähennetään varastokuormaan liittyvää epävarmuutta ympäristöön johdettavien vesien osalta.

Varastokuorma voi lisätä suotoveden pitoisuuksia, mutta sillä ei ole vaikutusta suotoveden määrään.

Rapautumisreaktioiden hiipumisen ja uudelleen käynnistymisen vaikutus suotovesien laatuun

KL2-alueen pääasiallinen sivukivi on nopeasti hapettava mustaliuske. Täten kiven rapautuminen kuluttaa happea runsaasti ja siten myös peittorakenteella tiivistämisen jälkeen kiviaineksen väliin jäänyt happi kuluu nopeasti loppuun. Sivukivialueella "huokokset" ovat toisiinsa sitoutuneita eli ilma pääsee advektiivisesti siirtymään sivukivialueen sisällä eikä hapen liikkumisessa voida olettaa muodostuvan viivettä. Olettamalla huokostilavuuden olevan $\sim 30\%$ ja happea ilmassa n. 280 g/m^3 , saadaan sivukivialueen ilman tilavuutta ($69 \text{ Mm}^3 \cdot 0,3$) käyttäen hapen kokonaismääräksi $\sim 5\,800$ tonnia. Tästä saadaan O_2 ainemääräksi 182 miljoonaa moolia. Kosteuskammiokoikeissa sivukivissä muodostuu noin $13,5 \text{ g}$ sulfaattia/kg/vuosi (olettaen mustaliusketta 85% ja kiilleliusketta 15% ja viikkojakso $0\text{--}24$) eli $\sim 0,14 \text{ mol SO}_4/\text{kg/vuosi}$. Happea (O_2) kuluu siis $0,28 \text{ mol/kg/vuosi}$. Tästä raekokerroin ($0,2$), huuhtoutumiskerroin ($0,2$) ja laboratoriota alhaisempi paikallinen lämpötila (LT kerroin $0,25$) huomioiden, saadaan kivelle hapenkulutukseksi $0,0028 \text{ mol/kg}$. Täydellä KL2 sivukivialueella on kiveä noin 145 Mt eli se voi kuluttaa happea noin 408 miljoonaa moolia vuodessa. Tästä saadaan, että sivukivien huokostilaan jääneen hapen loppuun kulumisen kestää noin $0,45$ vuotta eli $5\text{--}6$ kuukautta. Lasku on hyvin yksinkertaistava arvio perustuen kosteuskammiokoikeisiin, joissa happea on jatkuvasti saatavilla ilmassa oleva konsentraatio. Oletettavasti hapettumisreaktiot hidastuvat hapen määrän vähentyessä, mutta lasku antaa suuruusluokan peittorakenteen alle jääneen ilman kyvystä hapettaa kiviä ja ajasta, jonka se voisi kestää. Huokostilan hapen loputtua hapen määrää rajoittaa peittorakenteen happivuo eli $1 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$ ja siten kiviin pääsevä hapen määrä olisi 2 miljoonaa moolia vuodessa (pinta-ala 200 ha). Pinta-ala on laskettu karttapinta-alan mukaan, vaikka todellisuudessa rinteillä pinta-ala on noin $2/\sqrt{3}$ eli $1,15$ kertaa suurempi (olettaen 30° kulma), mutta tästä tuleva virhe on kokonaisuuden kannalta pieni.

Epätarkkuutta tällaiseen arviointiin aiheuttavat myös muut hapettumista mahdollistavat tekijät. Hapen saatavuuden vähentyessä, hapettumista

voi edelleen tapahtua esimerkiksi kolmenarvoisesta raudasta tai nitraatista johtuen. Tämän epävarmuuden vaikutuksia hallitaan kuitenkin peiton alhaisella vedenläpäisyllä, kuten jo ennen peittämistäkin muodostuneiden hapettumistuotteiden vaikutuksia.

Kosteuskammiokokeen tuloksesta nähdään, että Terrafamen kivissä ei tapahdu testiajan lisääntyessä suuria muutoksia sulfaattipäästöissä, vaikka saman kehityksen aikana nähdään muiden aineiden vapautumisessa suuria eroja, johtuen eri sulfidimineraalien hapettumisesta kosteuskammiokokeen eri vaiheissa. Esimerkiksi sinkkivälkkeen pääsääntöisen hapettumisjakson alkaminen ja päättyminen nähdään noin viikoilla 0–30. Tähän perustuen voidaan arvioida, että kivien altistuminen hapelle ei johda sulfidimineraalien hapettumisreaktioiden vähenemiseen samalla tavalla kuin on tyypillistä monille sivukiville. Ominaisuus johtuu sulfidimineraalien suuresta määrästä ja alhaisesta pH:sta. Viikkoon 105 mennessä ~10 % kaikesta rikistä on kulunut pois sivukivinäytteistä eli rikkiä on vielä paljon jäljellä. Tästä voidaan olettaa, että mahdollisen happialtistuksen tauon jälkeen kivien altistuessa uudelleen suuremmalle määrällä happea (esimerkiksi johtuen mahdollisesta peittorakenteen vaurioitumisesta) käynnistyvät hapettumisreaktiotkin uudelleen. Rapautumisen tuloksena kivien pinnalle muodostuneet sekundäärimineraalit voivat suotuisissa olosuhteissa suojata kiveä hapelta ja siten hidastaa rapautumista. Tästä ja muista stabiloitumiseen liittyvistä prosesseista (kuten huuhtoutuvan osuuden väheneminen) johtuen suotovesien pitoisuuksien lasku ajan myötä on tyypillinen havainto pidempään peitettynä olleiden kaivannaisjätealueiden tarkkailussa (esim. MiMi, 2004). Onkin tärkeää tiedostaa, että koko sulfidimineraalien massa ei ole hapettuvissa edes pitkän aikavälin kuluessa. Lisäksi todellisessa läjityksessä on kosteuskammiokoetta huomattavasti suurempi keskiraekoko, osa kivistä on jopa lohkareina. Näin ollen kivimassan ja pinta-alan suhde on erilainen kuin jauhetussa näytteessä, mutta tämä kuitenkin huomioidaan suotoveden laadun mallinnuksessa.

Sekundäärimineraaleista muodostuvan kuoren hapettumista hidastava vaikutus jäänee jokseenkin vähäiseksi sivukivialueen KL2 kivien osalta (ks. kohta Varastokuorman vaikutus suotovesien laatuun). Sekundäärimineraaleja purkautuu jo toiminnan aikana. Purkautuvien sekundäärimineraalien vaikutus veden laatuun on mukana jo suotovesimallin kosteuskammiosyötteissä: myös kosteuskammioissa tapahtuu sekundäärimineraalien muodostumista ja purkautumista, mikä nähdään esimerkiksi raudan ja sulfaatin määräsuhteiden muutoksina suotovedessä. Pitkällä aikavälillä sekundäärimineraalien kokonaismäärä vaikuttaa jäävän mallilliseksi.

Näin ollen suurta viivettä hapettumisreaktioiden uudelleen käynnistymisessä ei voida olettaa tapahtuvan. Kuitenkin esimerkiksi peiton rikkoutumisen yhteydessä vaikutukset olisivat todennäköisesti melko paikallisia, riippuen huokostilan yhtenäisyydestä ja kerrosvaihteluista. Keskeistä on myös, milloin peiton rakenteen heikentyminen tapahtuisi ja kuinka suurella alalla: onko sekundäärimineraaleja esimerkiksi ehtinyt muodostua

paljon ja ovatko ne muodostaneet heikommin läpäiseviä omia kerroksiin tai vyöhykkeitään.

On kuitenkin huomattava, että peittorakenne ei koostu pelkästä LLDPE-kalvosta. Kuivatuskerroksena toimiva salaojamatto tehostaa veden kulkeutumista pois kalvolta. Murskeesta rakennettava pintakerros tehostaa salaojamatton toimintaa. Pintamaakerroksen ollessa riittävän kostea myös se vähentää hapen kulkua kalvoon mahdollisesti muodostuneiden reikien läpi.

Kasvillisuus vähentää eroosioriskiä merkittävästi, lisää haihtumista sekä pintamaakerroksen kykyä toimia vesivarastona.

Maisemointisuunnitelma ja alueen jatkokäyttö

Kasvukerroksen kasvittaminen

Terrafame selvittää edelleen parhaita ratkaisuja kasvituvaihtoehtoiksi. Terrafame on esimerkiksi teettänyt pro gradu -tutkielman kasvittamistuvaihtoehtojen toimivuudesta osana kaivannaisjätealueen sulkemisrakennetta ja huomioi esimerkiksi koerakenteiden kasvittumisesta saadut havainnot jatkosuunnittelussa. Kasvitus tehdään vaiheittain heti osaluueen sulkemisen jälkeen.

Koska sivukivialue KL2 suljetaan vaiheittain, voidaan myös aiempien sulkemistuvaiheiden kasvittumisessa tehtyjä havaintoja (turpeen määrä pintamaakerroksessa, erilaiset siemenseokset, kylvämistekniikat) hyödyntää muiden tuiheiden kasvittumisen suunnittelussa. Näin myös kasvittamisen suunnittelu tarkentuu peittorakennetuvaiheiden toteutussuunnittelussa, mutta pääperiaatteet pysyvät samana: sivukivialueen kasvittumisessa suositaan matalajuurisia, alueella luontaisesti kasvavia lajeja. Esimerkiksi erilaiset niittykasvit, heinälajit, apilalajit ja varvut sitovat maanpintaa tehokkaasti ja kasvavat yleensä myös kitkamaapitoisessa pintamaassa. Jos alue pidemmällä aikavälillä kasvittuu myös luontaisesti, sinne valikoituu vallitsevia olosuhteita sietävä kasvilajisto.

Kasvittaminen tehdään lähtökohtaisesti monipuolisesti eri kasvilajien siemeniä sisältävillä siemenseoksilla. Alustavasti arvioiden soveltuvia kotimaisia siemenseoksia voisivat olla suojaheinän ja niittykukkaseoksen yhdistelmät kuivalle kedolle sekä rinnekedolle tai joutomaille soveltuva kuivan kasvupaikan siemenseos. Seosten kaupalliset nimet vaihtelevat toimittajan mukaan. Siemenseoksia voidaan tarvittaessa myös yhdistellä. Valittavissa siemenseoksissa suositaan paikallista alkuperää olevien, alueella luontaisesti esiintyvien kasvilajien siemeniä. Siemenseosten valinnassa huomioidaan myös pintamaakerroksen ominaisuudet, kasvuolosuhteet ja juuriston maata sitovat ominaisuudet. Kasvittamisessa siemenseoksella ja esimerkiksi suojaheinän määrällä voidaan huomioida sulkemiselle mahdollisesti asetettavat maisemointitavoitteet (nurmi, niitty).

Esitetyn peittorakenteen pintamaakerros on melko ohut, vain 500 mm. Tähän on päädytty myös siksi, että peittorakenteeseen luontaisesti kasvava kasvillisuus olisi matalajuurista. Niukkaravinteisilla rakennekerroksilla voidaan myös edistää matalajuuristen kasvilajien kasvua (Suomen ympäristökeskus 2008). Suurin riski pintamaakerrokselle on eroosio, erityisesti ennen kasvillisuuden kasvamista. Eroosioriskistä ja mahdollisista ylläpitotoimista sen vuoksi on kerrottu peittorakenteen pitkäaikaiskestävyyttä käsittelevässä kappaleessa edempänä.

Sivukivialueen sulkemiseen liittyvien koerakenteiden seurannassa on seurattu myös kasvittumista ja näitä havaintoja on käytetty osana pintamaakerroksen laadun ja paksuuden suunnittelussa. Koerakenteista on kerrottu edempänä. Kipsisakka-altaille vuonna 2016 rakennettuja koerakenteita seurataan edelleen erityisesti kasvillisuusvaikutusten seurannan näkökulmasta. Kasvittuminen on tapahtunut koerakenteissa luonnollisesti ja siinä on havaittavissa selkeä ero turve- ja sekamoreenipeiton välillä. 500 mm:n paksussa turvepeitossa kasvusto on selkeästi tuuheampaa ja korkeampaa ja kasvilajistoon sisältyy mm. pajua, heinää ja maitohorsmaa. 500 mm:n paksussa sekamoreenipeitossa kasvusto on selkeästi kitukasvuisempaa ja muodostuu pääasiassa horsmasta ja satunnaisista heinämättäistä. Metrin paksuisissa kasvukerroksissa kasvusto on edellisiä selkeästi rehevämpää. Kasvilajeissa on mukana myös puita, kuten koivuja ja mäntyjä. Lisäksi koerakenteissa kasvaa pajuja, heinää, maitohorsmaa ja kortetta.

Kalvorakenteisessa koerakenteessa (VE3) oli muita selkeästi tuuhein kasvusto todennäköisesti paksun turvekerroksen sekä kosteat olosuhteet mahdollistavan kalvorakenteen vuoksi.

Myös koerakenteista tehdyt havainnot tukevat sitä, että melko ohut pintamaakerros kitkamaasta (moreeni, hiekka, sora), jossa voidaan hyödyntää turvetta, tukee parhaiten peittorakenteen kasvittumista lajeilla, jotka eivät aiheuta riskiä peittorakenteen toimivuudelle.

Vaikka sivukivialueen kasvittamisessa suositaan matalajuurisia lajeja, on huomattava, että keinotekoisilla eristeillä on kuitenkin hyvä kestävyys kasvien juuria vastaan, toisin kuin esimerkiksi mineraalisilla tiiviskerroksilla. Esimerkiksi kaatopaikoilla voidaan käyttää keinotekoisista eristettä estämään juurien tunkeutuminen mineraaliseen tiivistyskerrokseen (Suomen ympäristökeskus 2008). Lupahakemuksen liitteenä on toimitettu materiaalintoimittaja Solmax Oy:n lausunto, jossa on todettu, että LLDPE-kalvon kestävyys juuria vastaan on riittävä, joten peittorakenteen päälle kasvava kasvusto ei heikennä kalvon pitkäaikaiskestävyyttä.

Pintakerroskasvillisuuden vaikutusta kalvorakenteeseen ja salaojamaton toimivuuteen on selvitetty vuosina 2011–2012 sekundäärialueen lohkon 1 luiskaan rakennetun kalvokoerakenteen avauksen avulla. Koerakenteessa kasvoi luontaisesti muodostunutta kasvillisuutta kuten ruohovartisia kasveja ja varpuja sekä noin 1,5 m korkeita männyntaimia.

Juuririhmaston määrä ei ollut niin tiheä, että se olisi vaikuttanut salaojamatton kykyyn johtaa vettä. Männyn taimen pääjuuri kasvoi voimakkaasti sivusuuntaan eikä ulottunut pintakerroksen alla olevaan salaojamattoon ja HDPE-kalvoon. HDPE-kalvon pinta oli ehjä.

Suljetulle sivukivialueelle muodostuvan kasvillisuuden juuriston vaikutusta peittorakenteeseen voidaan seurata esimerkiksi kymmenen vuoden välein paljastamalla paikallisesti tiivisrakenteena toimiva kalvo. Lisäksi sivukivialueella muodostuvien suotovesien määrän ja laadun seurannan sekä lysimetrin ja happianturien tuloksista voidaan päätellä peittorakenteen toimivuutta ja kestävyyttä.

Tässä vaiheessa oletetaan kuitenkin, että puuston poistoa tehdään noin viiden vuoden välein. Tarve puuston poistolle kartoitetaan maastokatseluksilla tai dronella tehtyjen ilmakuvausten perusteella.

Alueen jatkokäyttö

Tässä vaiheessa sivukivialueelle ei ole suunniteltu jatkokäyttöä. Terrafame pitää tärkeänä, että tässä vaiheessa keskitytään rakenteen toimivuuden seurantaan ja mahdollinen jatkokäyttö suunnitellaan myöhemmin. Jatkokäyttö suunnitellaan kuitenkin niin, ettei siitä johtuva fysikaalinen, kemiallinen tai biologinen kuormitus vaaranna peittorakenteen toimintaa. Rakenteen pintakerros ja kuivatuskerros on riittävä antamaan suojan pidemmäksikin aikaa juuriston osalta ja mahdolliseen pintaan kohdistuvaan paineeseen (esim. metsäkone). Sikäli, kun alue pidemmällä aikavälillä kasvittuu myös luontaisesti, sinne valikoituu olosuhteita sietävä kasvilajisto. Pintamaakerroksena käytetään kohtuullisen ohutta (500 mm paksu kerros) turve-maa-ainesseosta, jolloin puusto jää todennäköisesti pienikokoiseksi ja sitä poistetaan tarvittaessa säännöllisesti.

Toiminnanharjoittaja seuraa kasvittumista, rakenteen toimivuutta ja painumia sekä seuraa tarvetta puuston poistolle.

Sulkemisen aikataulu

Sivukivialue suljetaan vaiheittain. Työt aloitetaan kesällä 2024. Hakemuksen liitteenä on toimitettu ensimmäisen peittorakennusvaiheen toteutussuunnitelmat.

Sivukivialueen sulkemisen aikatauluun vaikuttavat sääolosuhteet, sillä sulkemistoimenpiteet tehdään optimirakennuskauden aikana mahdollisimman laadukkaan peittorakenteen takaamiseksi. Käytännössä vuoden aikana saadaan Terrafamen tämänhetkisen arvion mukaan suljettua korkeintaan noin 50 hehtaaria sivukivialuetta.

Myös sivukivialueen KL1 lupamääräykset (PSAVI/4347/2020) vaikuttavat sivukivialueiden sulkemisaikatauluun. Sivukivialueen KL1 lohkojen 1–6 täyttötoiminnot on suunniteltava ja toteutettava siten, että ympäristöluvan mukaisella rakenteella sulkematta olevan jätealueen laajuus on joka tilanteessa enintään 100 hehtaaria. Tuotannon jatkuvuuden var-

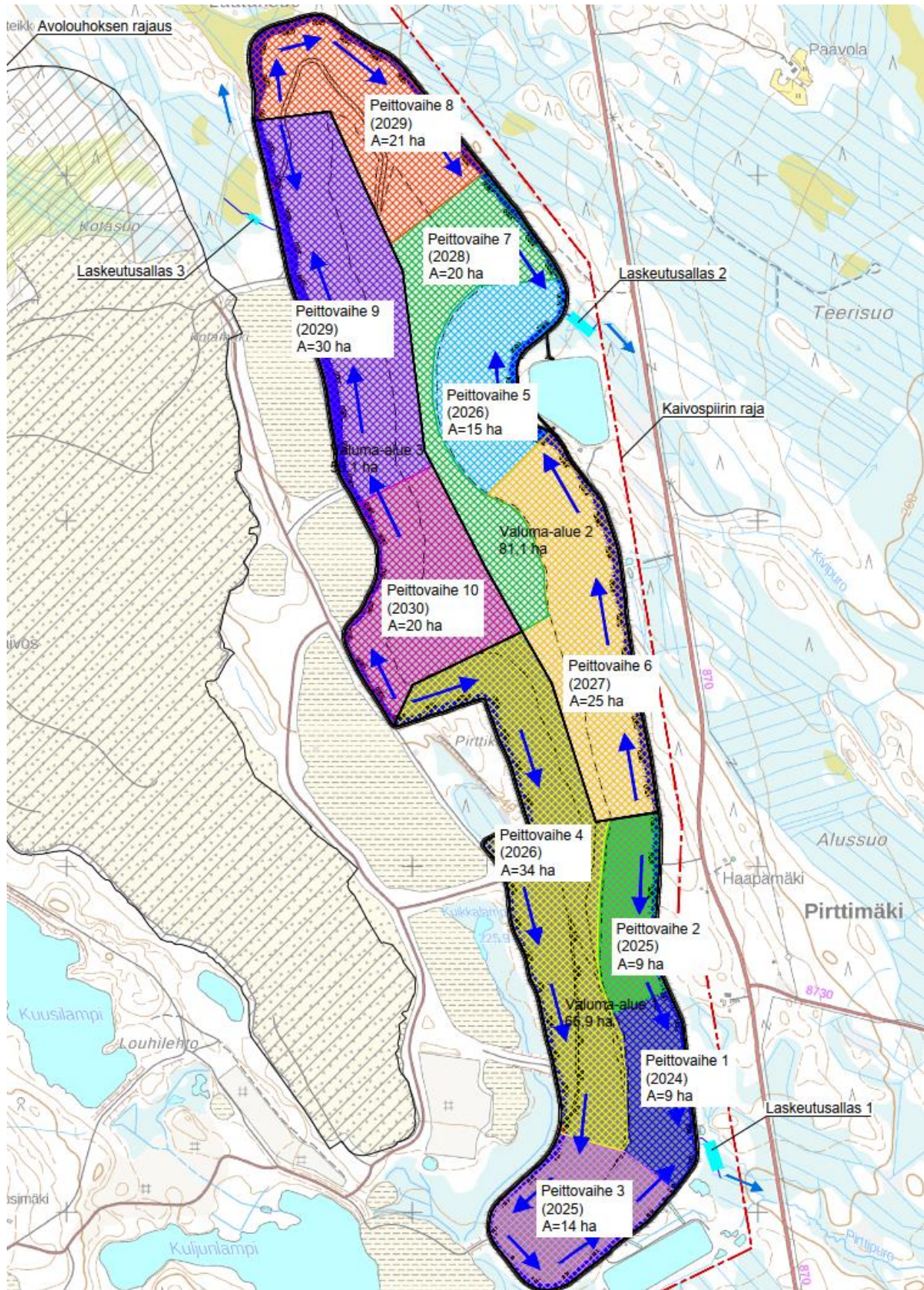
mistamiseksi Terrafame varmistaa ensisijaisesti sivukivialueen KL1 sulkemisen vaatimat resurssit. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että vuodesta riippuen suljetaan noin puolet sivukivialuetta KL1 ja puolet sivukivialuetta KL2. Suunnitellut peittorakennevaiheet rakennetaan valmiiksi yhden rakennuskauden aikana. Tämän hetken arvion mukaan sivukivialueen KL2 sulkeminen kestää maksimissaan noin 10 vuotta.

Vaasan hallinto-oikeus ("VHO") antoi kaksi välipäätöstä 23.1.2024 koskien Terrafamen ympäristö- ja vesitalouslupapäätösten täytäntöönpanoa, jotka vaikuttavat sivukivialueen KL2 sulkemiseen ja aikatauluun (päätökset 76/2024 ja 77/2024). Kumpikaan välipäätöksistä ei koskenut KL2-sivukivialueen täyttööä tai rakentamista. Koko sivukivialue KL2 on rakennettu ja otettu käyttöön jo koko suunnitellulta alueelta. Varsinainen tuotantoläjitäys alueella on jo loppunut, mutta alueella tehdään vielä täytön muotoilua, kiilausta sekä muita sulkemista valmistelevia töitä.

Sivukivialueen läjitystä uuden sekundääriliuotusalueen alapuoliseen sivukivitäyttöön on välipäätöksellä rajoitettu. Sivukiven läjitys oli tarkoitus aloittaa vuoden 2024 aikana, ja mikäli asiaa ei ratkaista ennen suunniteltua aloittamista, joutuu Terrafame läjittämään mustaliuskesivukiveä vain sivukivialueelle KL1. Tällöin KL1 täyttyy ja laajenee suunniteltua nopeammin. Koska aluehallintoviraston sivukivialueelle KL1 antamassa päätöksessä nro 107/2023 on rajoitettu kerrallaan auki olevan sivukivitäytön pinta-alaa, on Terrafamen tällöin osoitettava sulkemisresursseja enemmän KL1 sulkemiseen, mikä voi viivästyttää sivukivialueen KL2 sulkemista.

Edempänä tämän kertoelman luvussa "Toimintaa koskevat olennaiset luvat, lausunnot, YVA, sopimukset ja alueen kaavoitustilanne" on esitetty Terrafame Oy:n näkemys (11.3.2025) Vaasan hallinto-oikeuden 19.12.2024 antamien päätösten vaikutuksesta sivukivialueiden sulkemisaikatauluun.

Sulkemisen vaiheistuksen alustava aikataulu ja peittovaiheistussuunnitelma on esitetty hakemuksen liitteinä (seuraava kuva). Peittovaiheistusta voidaan kuitenkin joutua toteuttamaan pinta-alaltaan pienemmissä vaiheissa sivukivialueen KL1 sulkeminen huomioiden, jolloin alustava aikataulukin luonnollisesti muuttuu. Lisäksi myös peittovaiheistuksen järjestys voi muuttua, mutta sulkemistoimenpiteet tehdään peittorakenteiden päältä tulevien puhtaiden pintavesien hallinta huomioiden.

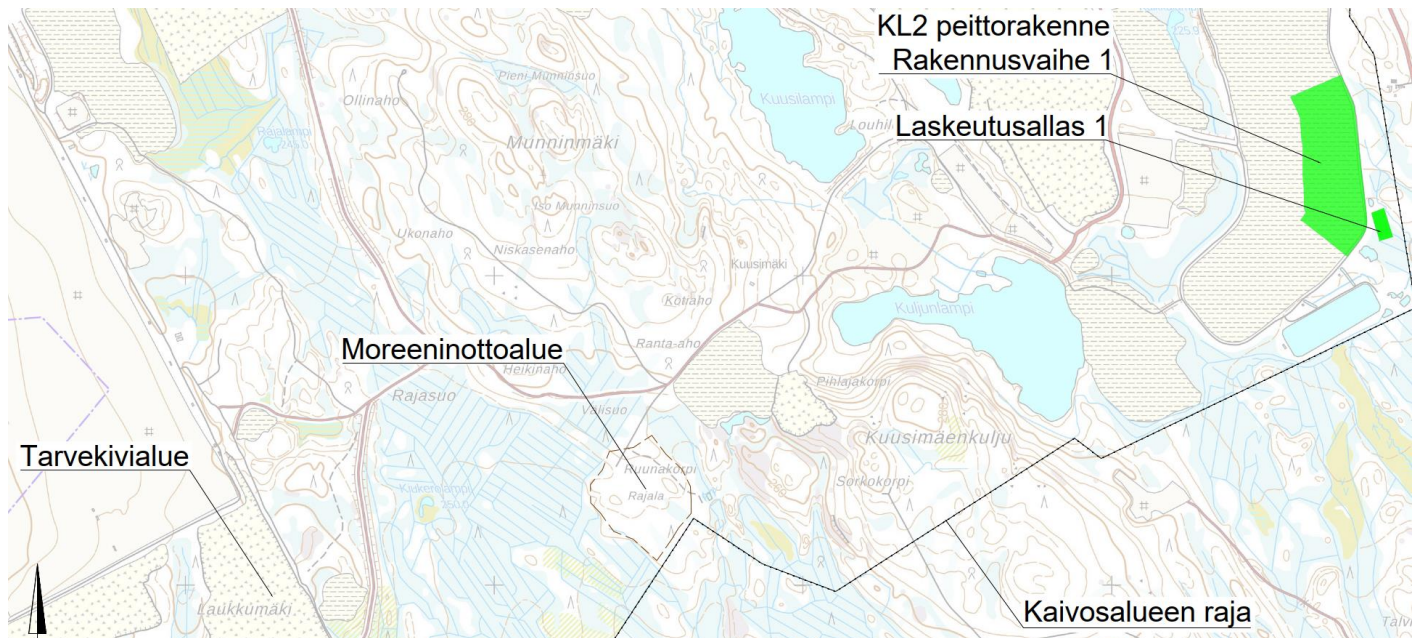


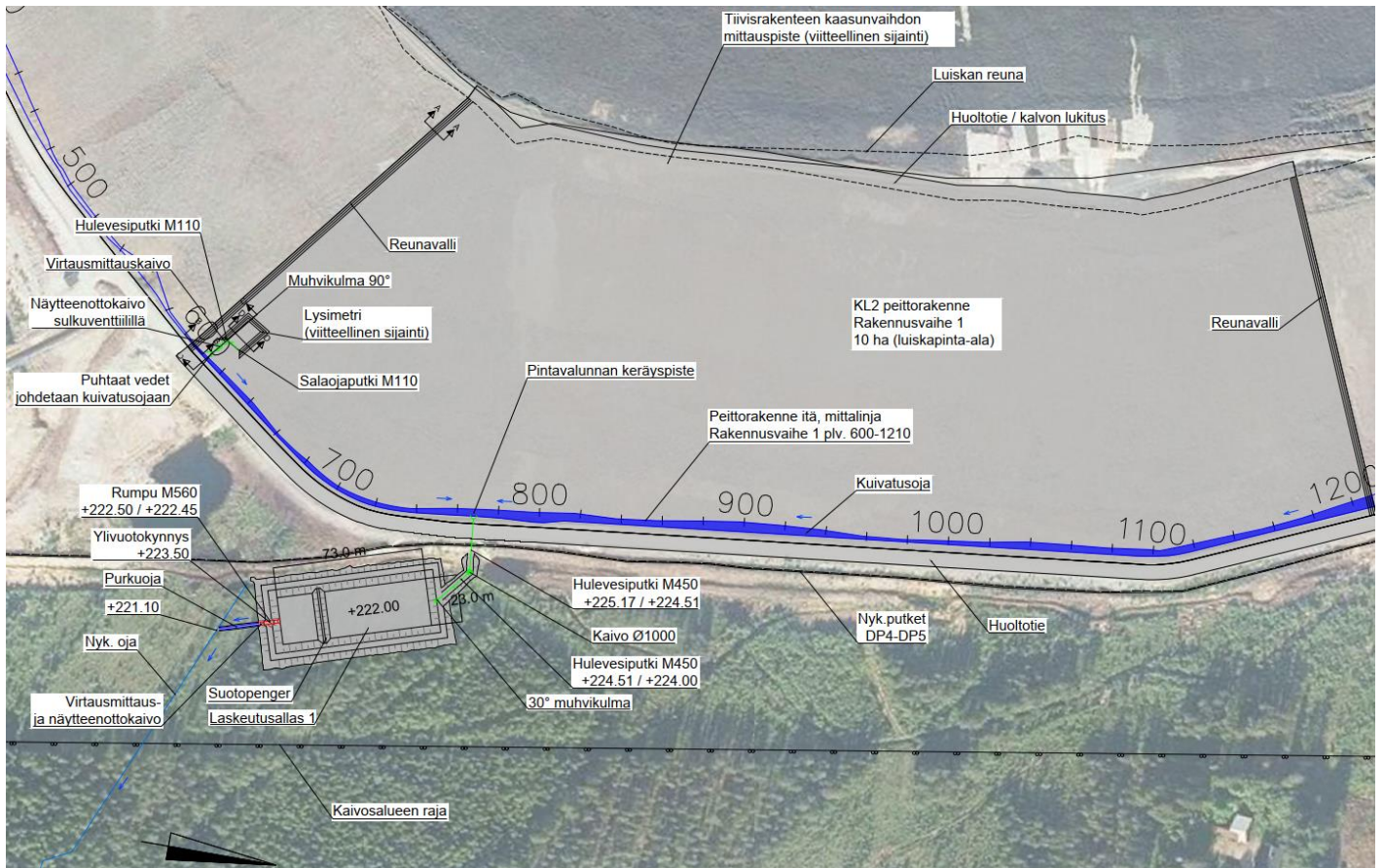
Rakennusvaiheen 1 peittorakenteen toteutussuunnitelma

Hakemuksen liitteenä on toimitettu hyväksyttäväksi sivukivialueen KL2 rakennusvaiheen 1 yksityiskohtainen rakennussuunnitelma (17.5.2024), josta on koottu olennainen sisältö seuraavaan.

Rakennusvaiheessa 1 noin 10 hehtaarille rakennettavan peittorakenteen sijainti on esitetty yleiskartassa MRU222/R3-1 ja suunnitelmakartassa MRU222/R3-2 (seuraavat kuvat). Peittorakenteen reunoille luis-kan suuntaisesti rakennetaan reunavallit, joilla rajataan rakennettu peittorakennnealue viereisestä, peittämättömästä sivukivitäytöstä.

Peittorakenteen pintakerroksen murske saadaan yleiskartalla esitetyltä tarvekivialueelta ja ylimpään kitkamaakerrokseen käytettävä moreeni yleiskartalla esitetyltä moreeninottoalueelta.





Vesien johtaminen

Suljettavalta alueelta pintavalunta johdetaan sivukivialueen ja huoltotien välistä kuivatusojaa pitkin kohti pintavalunnan keräyspistettä. Kuivatusojan päätyihin muotoillaan reunavallit, jotka estävät peittorakenteen päältä tulevien puhtaiden vesien sekoittumisen avoimna olevasta sivukivitäytöstä reunaajiin mahdollisesti johtuviin vesiin. Pintavalunnan keräyspisteestä peittorakenteen päältä tulevat puhtaat vedet johdetaan hulevesiputkea pitkin laskeutusaltaaseen 1.

Laskeutusallas rakennetaan maapohjaisena altaana. Laskeutusaltaan luiskakaltevuus on 1:2. Laskeutusaltaaseen rakennetaan suotopenger karkeasta kiviaineksesta, KaM 0/90...32/90 tai pienlouheesta (KaM 0/200) kiintoaineksen laskeutumisen tehostamiseksi.

Laskeutusaltaan kohdalta poistetaan turve, lieju ja hienorakeiset maa-kerrokset moreeniin tai kallioon saakka. Massanvaihdon täyttömateriaalina käytetään moreenia. Laskeutusaltaan pohjalle tehdään vähintään 500 mm paksu moreenikerros. Laskeutusaltaan pohjalle ja reunoille moreenikerroksen päälle asennetaan vähintään käyttöluokan N2 suodatinkangas. Kankaat limitetään vähintään 0,5 m. Saumattavat kankaat saumataan materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Suodatinkankaan päällä ei saa liikkua työkoneilla tai autoilla ilman riittävää suojakerrosta. Laskeutusaltaan pohjalle ja reunoille tehdään sepeliverhous suodatinkankaan päälle.

Putkilinjojen kohdalta poistetaan turve, lieju ja hienorakeiset maakerrokset kantavaan pohjamaahan. Massanvaihdon täyttömateriaalina käytetään louhetta. Mikäli kaivun yhteydessä pohjavesi haittaa kaivu- ja täytötyötä, on alueelle tehtävä pumppauskaivoja pohjavesipinnan alentamiseksi.

Laskeutusaltaan 1 läheisyydestä on tehty yksi pistokairaus, jonka mukaan alueella on noin metrin paksuinen kerros turvetta. Kairaus on päätynyt kiveen tai kallioon noin metrin syvyydessä. Maastokartan ja havaintojen perusteella laskeutusaltaan eteläpää sijoittuu turvealueelle. Turvetta arvioidaan tällä alueella olevan noin 1–2 metrin paksuinen kerros. Pintamaat, kannot, kivet ja aluskasvillisuus poistetaan laskeutusaltaan ja siihen liittyvien vesienjohtamisjärjestelyjen alueelta. Poistettavat pintamaat läjitetään tilaajan osoittamaan paikkaan.

Laskeutusaltaasta 1 vedet johdetaan rumpuputkella rakennettavaa purkuojaa pitkin nykyiseen ojaan näytteenotto- ja virtausmittauskaivon kautta. Laskeutusaltaaseen rakennetaan ylivuotokynnys hallitun ylivuodon varmistamiseksi.

Sivukivikasan ja huoltotien välisen kuivatusojan pohja muotoillaan suunnitelmissa esitettyyn tasoon jakavan kerroksen kelpoisuudet täyttävästä kalliomurskeesta 0/63. Täytön tiivistäminen tehdään kevyesti kaivinkoneen kauhalla painelemalla tai kevyellä tärylevyllä. Täytön tekemisessä ja tiivistystyössä tulee noudattaa erityistä varovaisuutta, ettei täytön alapuolinen kalvorakenne vaurioidu.

Laskeutusaltaan purkuoja muotoillaan pituuskaltevuudeltaan vähintään 0,3 %:n kaltevuuteen. Purkuoja yhdistetään nykyiseen ojaan. Rumpuputkena laskeutusaltaasta purkuojaan käytetään muovista halkaisijaltaan 560 mm ja rengasjäykkyydeltään SN8-luokan rumpuputkea. Rummun päät tarkemitataan vesijuoksun tasoon.

Lysimetri

Osana peittorakenteiden rakentamista rakennetaan peittorakenteiden tarkkailua varten suljettavan alueen alareunaan lysimetri ja yläreunaan tiivisrakenteen kaasunvaihdon mittauspiste. Lysimetrin ja tiivisrakenteen kaasunvaihdon mittauspisteiden sijainnit on esitetty suunnitelmakartassa MRU222/R3-2. Lisäksi laskeutusaltaan purkupäähän asennetaan virtausmittaus- ja näytteenottokaivo. Kaivojen sijainnit on esitetty suunnitelmakartassa MRU222/R3-2.

Lysimetrin alareunaan asennetaan muovinen, halkaisijaltaan 110 mm:n ja rengasjäykkyydeltään SN8-luokan salaojaputki. Salaojaputken päähän asennetaan muhvikulma 90° kulmaan. Muhvikulmasta putki jatkuu hulevesiviemäriputkena kalvorakenteen läpi. Salaojan ympäristäytönä käytetään salaojasepeliä 4/16. Lysimetrin alareunassa oleva salaojaputki liitetään muoviseen, halkaisijaltaan 110 mm:n ja rengasjäykkyydeltään SN8-luokan putkeen.

Lysimetrin näytteenottoaivosta vedet puretaan muovisen, halkaisijaltaan 110 mm:n ja rengasjäykkyydeltään SN8-luokan putken kautta lähiojaan. Hulevesien purkuputkena pintavalunnan keräyspisteen jälkeiseltä tarkastuskaivolta laskeutusaltaaseen käytetään muovista, halkaisijaltaan 450 mm ja rengasjäykkyydeltään vähintään SN8-luokan putkea. Laskeutusaltaan tulopäässä putken päähän asennetaan 30° muhvikulma. Tarkastuskaivona käytetään muovista halkaisijaltaan 1 000 mm olevaa kaivoa. Putket ja kaivot tarkemitataan saumoista/muhveista vesijuoksun korkoon.

Suojageotekstiili

Lysimetrin pohjalle ennen LLDPE-kalvoa sekä LLDPE-kalvon päälle asennetaan suojageotekstiilit 400 g/m². Sivukivialueen peittorakenteessa asennetaan suojageotekstiili 400 g/m² sivukivilouheen kiilauskerroksen KaM 0/63 päälle. Lysimetrin kohdalla suojageotekstiili asennetaan lysimetritäytön päälle. Huoltotien luiskassa LLDPE-kalvon päälle asennetaan suojageotekstiili 400 g/m². Sivukivialueen lakialueella LLDPE-kalvon päälle asennetaan suojageotekstiili 1200 g/m² ennen sa-laojamatton asennusta.

Ensisijaisesti saumat lämpöhitsataan, jolloin limitys on ≥ 150 mm. Ilman lämpöhitsausta limitys saumoissa ja jatkoksissa on ≥ 300 mm. Suojageotekstiilinä käytetään neulasidottua, paksua kuitukangasta, josta on poistettu tuotannon aikana katkenneet neulat. Suojageotekstiilin asennus tehdään erillisessä geosynteettiurakassa.

LLDPE-kalvo

Lysimetrin pohjalle asennetaan LLDPE-kalvo (1,5 mm) suojageotekstiilin (400 g/m²) päälle. Kalvon saumat ja liitokset hitsataan. Lysimetrin pohjan LLDPE-kalvo hitsataan kiinni peittorakenteen LLDPE-kalvoon. Peittorakenteessa asennetaan suojageotekstiilin (400 g/m²) päälle 1,5 mm:n vahvuinen LLDPE-kalvo. Kalvon saumat ja liitokset hitsataan.

Huoltotien luiskassa HDPE-kalvon 1,5 / 2,0 mm päälle asennetaan LLDPE-kalvo 1,5 mm ja kalvot liitetään toisiinsa hitsaamalla. Kalvot ankuroidaan huoltotien luiskaan. Kalvorakenteiden taitteet tulee pyöristää ($R = 1$ m).

Kriittisin kohta kalvorakenteessa vesi- ja kaasutiiviiden kannalta ovat saumat ja niiden määrä minimoidaan tiiviiden saavuttamiseksi. Kalvot asennetaan luiskissa pitkittäin veden virtaussuuntaan. Saumoja ei saa sijoittaa luiskan taitteeseen eikä vierekkäisten rullakaistojen jatkosaumoja saa sijoittaa luiskassa samaan kohtaan. Saumat sekä liitokset hitsataan ja niiden tiiviys varmistetaan laadunvarmistuskokeilla. Kalvo painotetaan ja ankuroidaan työnaikaisesti kalvon vaurioitumisriskin minimoimiseksi. Kalvon lämpölaajeneminen huomioidaan kalvon peittämisajankohdan valinnassa, ja peittämisajankohta valitaan sääolosuhteet ja vuorokaudenaika huomioiden silloin kun kalvo on mahdollisimman tiiviisti kiinni alustassa.

LLDPE-kalvon varastoinnissa ja asennuksessa tulee noudattaa valmistajan ohjeita ja varovaisuutta kalvon reikiintymisen ehkäisemiseksi. Työt tulee tehdä valoisaan aikaan ja lämpötilan on oltava plussan puolella työturvallisuuden ja työn onnistumisen varmistamiseksi. Mikäli asennustyö tehdään edellä esitettyä kylmemmissä olosuhteissa, tulee siitä laatia erillinen talvityöasennussuunnitelma. Talvityöasennussuunnitelma tulee hyväksyttävä valvojalla ja tilaajalla. Kalvorakenteen rikkoontumisvaaran takia kalvon alapuolella ei saa olla teräviä taitteita, suuria kiviä ym. kalvoon heijastuvia pistemäisiä rasituksia aiheuttavia epäjatkuvuuskohtia. Luiskissa, joiden kaltevuus on jyrkempi kuin 1:5, käytetään kitkakalvoa, jolla estetään kalvon ja kalvon yläpuolisten rakenteiden liukuminen.

LLDPE-kalvon päällä ei saa liikkua työkoneilla ilman riittävää suojakerrosta. Terrafamen ja materiaalitoimittajan testitulosten perusteella riittävä suojakerrospaksuus on 700 mm. Ylimääräistä liikkumista kalvorakenteen päällä tulee välttää.

Alakalvon paljastaminen

Sivukivialueen pohjarakenteen bentoniittimatto, alakalvo (HDPE 1,5 / 2,0 mm) ja suojageotekstiili on nostettu huoltotielle tehdyn korotuksen yhteydessä huoltotien luiskaan ja ankkuroitu huoltotien rakennekerrosten alle (tyyppipoikkileikkaus MRU222/R3-4.1). Suojageotekstiili ja HDPE-kalvo paljastetaan huoltotien luiskasta riittävältä matkalta, jotta HDPE-kalvon ja peittorakenteen LLDPE-kalvon yhteen liittäminen onnistuu. Paljastamisessa on noudatettava erityistä varovaisuutta, jotta olemassa oleva kalvorakenne säilyy vahingoittumattomana. HDPE-kalvon paljastamisen jälkeen kalvo puhdistetaan materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti ja sen kunto tarkistetaan. Mahdolliset vauriot paikataan ennen kalvojen liittämistä toisiinsa.

Mikäli nykyisessä HDPE-kalvossa havaitaan vaurio, tai kalvo vaurioituu tai repeää puhdistuksen yhteydessä, poistetaan kalvo vahingoittuneelta alueelta siististi leikkaamalla ja paikataan vähintään 0,3 m vahingoittuneen alueen reunojen ulkopuolelle ulottuvalla paikalla.

Salaojamatto

Peittorakenteessa LLDPE-kalvon (1,5 mm) päälle asennetaan salaojamatto. Koska salaojamatto toimii myös 1,5 mm:n LLDPE-kalvon suojageotekstiilinä, tulee käytettävän salaojamatton vastata suojausominaisuuksiltaan kalvon suojaustehokkuuden selvittämiseksi tehdyissä sylinterikokeissa käytettyä salaojamattoa (FabriNet ST-E, Double Sided 120 g/m²). Sivukivialueen lakialueella salaojamatton päälle asennetaan suojageotekstiili 1 200 g/m² lakialueella tapahtuvan liikennöinnin takia. Salaojamatto päätetään kuivatusojan pohjalle ja tieluiskassa LLDPE-kalvon suojana käytetään suojageotekstiiliä 400 g/m² tyyppipoikkileikkauksen MRU/R3-4.1 mukaisesti.

Käytettävän salaojamatton tulee olla neulasidottu ja neulavapaa (eli tuotannon aikana katkenneet neulat on poistettu). Salaojamatton varastoinnissa ja asennuksessa tulee noudattaa materiaalitoimittajan ohjeita.

Työvaiheet suunnitellaan etukäteen ja laaditaan levityssuunnitelma. Levitettyyn salaojamattoon ei saa jäädä vekskejä eikä taitoksia. Sivusaumoissa vierekkäisten kaistojen kankaat limitetään vähintään 100 mm ja vettä johtavat ytimet liitetään yhteen tuotetyypistä riippuen joko puskusaumalla tai limittämällä. Saumakohtiin ei saa jäädä epäpuhtauksia. Liitosten työnaikainen pysyvyys varmistetaan mekaanisella kiinnityksellä, esimerkiksi lämpöhitsaamalla tai muovisilla siteillä. Lämpöhitsauksessa varotaan kuumuuden haitallista vaikutusta vettä johtavaan ytimeen.

Jatkoskohdissa yläpuolisen salaojamatton ydin limitetään alapuolisen salaojamatton ytimen kanssa vähintään 300 mm koko rullan leveydeltä ja suodatinkankaat limitetään. Kaikki repeämät ja vaurioituneet alueet poistetaan ja paikataan vähintään 300 mm vahingoittuneen alueen reunojen ulkopuolelle ulottuvalla paikalla. Paikka kiinnitetään salaojamattoon 150 mm:n välein. Salaojamatton pysyminen luiskassa rakentamisen ja käytön aikana varmistetaan. Tarvittaessa salaojamatto ankkuroidaan työnaikaisesti liukumisen estämiseksi luiskan yläosassa esimerkiksi tekemällä ankkurikaivanto.

Salaojamatton päällä ei saa ajaa työkoneilla ilman riittävää suojakerrosta. Terrafamen ja materiaalitoimittajan testitulosten perusteella riittävä suojakerrospaksuus on 700 mm. Kalvorakenteen päällä tulee välttää ylimääräistä liikkumista.

Kasvualustat

Peittorakenteen pintamaakerroksessa käytetään kitkamaiden lisäksi turvetta ja/tai kitkamaakerrosta lannoitetaan siten, että peittorakenteen kasvillistuminen nopeutuu. Peittorakenteen pintamaakerrokseen tehdään kohteeseen soveltuva nurmi- tai niittykylvö.

Kaasunvaihdon mittaus

Peittorakenteen tiiviskerroksen (LLDPE-kalvon) kaasunvaihtoa seurataan kalvon alle asennettavalla happianturilla. Happianturin tyyppi valitaan toimittajan kanssa. Happianturi asennetaan toimittajan ohjeiden mukaan. Happianturin sijoituksessa ja asentamisessa huomioidaan, ettei sivusuunnasta peittorakenteen päälle pääse mittauksia häiritsevästi happea.

YMPÄRISTÖN NYKYTILAN KUVAUS

Maisema ja kulttuuriympäristö

Sivukivialueen lähiympäristö kaivosalueen ulkopuolella on pääosin sulkeutunutta metsätalousaluetta, jota leimaavat lukuisat jyrkkäpiirteiset vaarat. Alueen läheisyyteen sijoittuu vain yksittäisiä peltokuvioita Hakosen järvioltaan rannoille. Yhtenäisempiä avoimempia peltoalueita sijoittuu paikoin Jormasjärven ympäristöön Tuhkakylään ja Vaarankylään.

Sivukivialueen lähiympäristössä sijaitsee useita pienialaisia järviä ja lampia, joista lähimpinä Hakonen noin 350 metrin etäisyydellä sekä kaivostoiminnan voimakkaasti muuttamat Kuikkalampi ja Kuljunlampi 80...400 metrin etäisyydellä. Suuremmat järvet Jormasjärvi ja Laaka-järvi sijoittuvat sivukivialueesta KL2 5–10 km etäisyydelle koilliseen ja lounaaseen.

Terrafamen toimintojen laajojen maankäyttötarpeiden seurauksena kaivospiirin alueen ja lähiympäristön maisemakuva on muuttunut merkittävästi Kuusilammen kaivoksen perustamisen jälkeen. Merkittävimmän maisemamuutoksia ovat aiheuttaneet avolouhoksen lisäksi teollisuusrakennukset sekä bioliuotusalueet, sivukivialue KL2 ja niihin liittyvät altaat. Tieyhteys maantieltä 870 (Tuhkalantie) Lahnasjärvelle kulkee nykyisin teollisuusalueen välittömässä läheisyydessä ja teollisuustoiminta näkyy maantielle 8714 (Malmitie/Lahnasjärventie) avautuvassa maisemassa selvästi.

Ympäristöministeriö on päätöksellään 18.11.2021 korvannut aiemman vuonna 1995 valmistuneen maisema-alueita koskevan inventoinnin. Uusi päätös on tullut voimaan 1.3.2022. Terrafamen alueen lähistöllä on kaksi valtakunnallisesti arvokasta maisema-aluetta (VAMA2021): Valtakunnallisesti arvokas Vuokatin vaarajono ja rantakylät (VAM140145) sijaitsee lähimmillään noin 4 kilometriä sivukivialueesta KL2 itään. Kauempana pohjoisessa Nuasjärven pohjoispuolella sijaitsee valtakunnallisesti arvokas maisema-alue Naapurinvaaran vaara-asutus (VAM140146). Osa maisema-alueesta kuuluu myös Naapurinvaaran kylät valtakunnallisesti merkittävään rakennettuun kulttuuriympäristöön (RKY 2009). Etäisyyttä sivukivialueen KL2 pohjoisosaan on noin 20 kilometriä.

Asutus ja virkistyskäyttö

Terrafamen kaivospiirin välittömässä läheisyydessä ei ole asutuskeskitymiä. Lähiympäristön asutus on yksittäistä haja-asutusta. Sivukivialuetta KL2 lähin tiiviimmän asutuksen alue on Tuhkakylä noin 7,5 kilometriä pohjoiseen maantie 870 varrella. Lahnasjärvi ja Määtänkylä sijoittuvat sivukivialueesta noin 12 kilometrin etäisyydelle länteen.

Sivukivialuetta KL2 lähimmät yksittäiset asuin- ja lomarakennukset sijaitsevat alueen pohjoispuolella noin 500 metrin etäisyydellä Hakosen rannalla, etelässä noin 2,5 kilometrin etäisyydellä Puhakan kylässä sekä lännessä noin 12 kilometrin etäisyydellä Lahnasjärvellä.

Lähimmäs sivukivialuetta sijoittuvat Pirttimäen asunkiiinteistöt maantien 870 varrella ovat Terrafamen omistuksessa. Samoin kaivospiirin alueella sijaitsevat asuin- ja lomarakennukset ovat Terrafamen omistuksessa sekä kaivospiirin ulkopuolella Kalliojärven itärannalla sijaitsevat kaksi lomarakennusta ja lounaassa Lumijärven ja Kivijärven rannoilla olevat lomarakennukset ovat Terrafamen omistuksessa.

Terrafamen toiminnan vaikutuspiirin vesistöjen (Nuasjärvi, Nuasjärven Rehja, Jormasjoki, Jormasjärvi ja Laakajärvi niihin laskevine lähijoki-neen) ranta-alueilla on runsaasti ranta-asutusta. Ranta-alueilla on sekä pysyvää asutusta että vapaa-ajan asutusta. Kaivospiirin lähialueella ei sijaitse ns. herkkiä kohteita, kuten päiväkoteja, kouluja, vanhainkoteja tai sairaaloita.

Terrafamen lähiympäristön merkittävin virkistyskohde on Vuokatin vaaran ympärille levittäytyvä Vuokatin kylä, joka sijaitsee noin 15 km päässä kaivospiirin koillispuolella. Vuokatin alueella on monia majoitus-toimijoita, esimerkiksi leirintäalue ja mökkejä sekä monipuolisesti har-rastusmahdollisuuksia. Terrafamen kaivospiirin välittömässä läheisyy-dessä ei ole ulkoilun palveluita. Jormasjärven rannalla sijaitsee uima-rantoja ja nuotiopaikkoja. Jormasjärveltä Nuasjärveen kulkee Jormasjo-kea pitkin melontareitti. Kaivospiiriä lähin retkeilyreitti on Kivijärven–Iso-Sopen retkeilyreitti, joka sijaitsee kaivospiirin lounaispuolella. Reitti kul-kee Kivijärven eteläpuolta ja Sopenjärven pohjoispuolta. Retkeilyreitin varrella on kolme laavua ja lintutorni. Kivijärvellä sijaitsee myös uima-ranta. Kaivospiirin välittömässä lähiympäristössä ei ole moottorikelkka-reittejä tai -uria.

Kaivospiirin ympäristö kuuluu Kainuun riistanhoitopiiriin sekä Kajaanin ja Sotkamon riistanhoitoyhdistysten alueeseen. Tuhkakylän Erän ja Par-kuan Erämiehet ry:n riistanhoito- ja jahtimaat ovat kaivospiirin läheisyy-dessä. Lahnasjärvellä on aktiivisesti toimiva metsästysseura. Kainuulai-silla on kotikuntansa valtion mailla vapaa metsästysoikeus ja metsäka-nalinnut ovat suosittu pyyntikohde. Riistalajeista esimerkiksi mäyrän, supikoiran ja rusakon esiintymisalueiden pohjoisraja kulkee läpi Kai-nuun. Terrafamea lähimmät valtion metsät ovat Losonvaaran, Kontin-mäen sekä Lahnasjärven alueilla, joissa sijaitsevat pienriistan ja hir-vieläinten metsästysalueet.

Terrafamen ympäristössä on lukuisia vesistöjä, joita käytetään virkistys-kalastukseen. Jormasjoki ja Tuhkajoki ovat suosittuja koskikalastuskoh-teita. Koskilta saadaan saaliiksi kirjolohia, harjuksia ja taimenia. Lähive-sistöissä toimii Jormaskylän–Korholanmäen ja Lahnasjärven osakas-kunnat. Jormaskylän–Korholanmäen osakaskunnan tärkeimpiä kalas-tusalueita ovat Nuasjärven eteläpuoli ja Jormasjärvi. Lahnasjärven osa-kaskunnan kalastusalueista merkittävimmät ovat Lahnasjärvi sekä Laa-kajärven pohjoisosa. Kainuun ELY-keskuksen päätöksellä (2012a, 2012b) hankealueen läheisyydessä järvien Salminen, Kalliojärvi, Kol-misoppi ja Kivijärvi käytössä on rajoituksia. Näiden järvien kalojen syön-tiä ei suositella. Korkean mangaanipitoisuuden vuoksi näiden järvien ve-den käyttöä ruuanlaitossa tai pesu- ja löylyvetenä ei myöskään suosi-tella.

Kaivostoiminnan jatkamista ja kehittämistä tai vaihtoehtoista sulkemista koskevan YVA-menettelyn aikana tehdyn asukaskyselyn tulosten mu-kaan lähialueella tapahtuvalla retkeilyllä, marjastuksella, sienestyksellä, metsästyksellä, kalastuksella ja metsänhoidolla on suuri merkitys kyse-

lyyn vastanneille hankkeen lähialueella asuville tai loma-asunnon omistaville vastaajille. Vastaajat ilmoittivat käyttävänsä aluetta monipuolisesti virkistyskäyttöön, joka painottuu keväästä syksyyn.

Kolmisopen esiintymän YVA-hanketta varten tehdyn asukaskyselyn vastausten perusteella hankealueen lähiympäristöä käytetään useimmiten ulkoilemiseen tai muuhun harrastamiseen sekä luonnon tarkkailemiseen. Muina alueen käyttömuotoina kyselyssä mainittiin muun muassa Hakosen rantamaisemissa vierailu, mökkeily, veden korkeuden seuraminen, metsästys, luonnontuotteiden kerääminen ja kalastus. Asukaskyselyn vastauksissa nostettiin esille erilaisia lähialueen käyttömuotoja. Suurin osa asukaskyselyyn vastanneista kertoi käyttävänsä hankealuetta yhtä usein kuin aiemminkin, mutta noin 40 % vastaajista ilmoitti ulkoilun, harrastamisen tai muun hyötykäytön harventuneen alueella verrattuna aikaan ennen teollisuustoimintojen aloitusta alueella. Avoimissa vastauksissa kerrottiin esimerkiksi kalastuksen, marjastuksen ja metsästyksen joutuneen siirtymään alueelta nykyisen teollisuustoiminnan myötä.

Maa- ja kallioperä

Kaivospiirin maa- ja kallioperää on tutkittu useaan otteeseen ja erilaisin menetelmin 1930-luvulta alkaen. Teollisuustoiminta on jo osin pysyvästi muuttanut nykyisen kaivospiirin alueen maa- ja kallioperää erityisesti kaivos- ja teollisuustoimintojen ydinalueilla. Louhosalueelta sekä muilta rakennetuilta alueilta pintamaat on poistettu ja varastoitu pintamaiden läjitysalueille. Malmin ja muun kiviaineksen louhinta sekä alueen muu rakentaminen (liuotusalueet, altaat, kaivannaisjätealueet) ovat aiheuttaneet muutoksia maa- ja kallioperään rakennetuilla alueilla.

Kallioperä

Kaivospiiri sijoittuu Kainuun liuskejaksona tunnetun geologisen vyöhykkeen eteläosaan, jossa vallitsevia kivilajeja ovat kvartsiitit, mustaliuskeet ja kiilleliuskeet. Liuskejakso on noin 200 km pitkä ja leveimmillään noin 40 km leveä. Kuusilammen malmio sijoittuu grafiitti- ja sulfidipitoisen liuskeen (mustaliuskeen) alueelle ja pääosa muista Terrafamen kaivospiirin toiminnoista arkeisen kallioperän alueelle. Mustaliuske sisältää luonnostaan tavanomaista enemmän esimerkiksi raskasmetalleja verrattuna arkeisen alueen kivilajeihin (migmatiitit, granitoidit).

Kuusilammen louhoksen sulfidinen nikkelimalmi on mustaliusketta. Päämineraaleina siinä ovat hienorakeinen kvartsi, vaalea biotiitti, hyvin hienorakeinen grafiitti sekä rikki- ja magneettikiisu. Mustaliuskeet sisältävät luonnostaan uraania, joka on enimmäkseen sitoutunut liuskeiden orgaaniseen ainekseen. Mineralogisesti uraani esiintyy pääosin thucholiittina sekä uraniittina. Suomen maa- ja kallioperässä uraania on käytännössä katsoen kaikkialla kallioperän keskimääräisen pitoisuuden ollessa 4 ppm. Graniittisissa kivilajeissa esiintyy varsin usein keskimääräistä suurempia pitoisuuksia (4–50 ppm), erityisesti Kaakkois-Suomen rapa-

kivialueilla. Mustaliuskeessa urania on 15–20 ppm. Kuusilammen malmion esiintymässä sivukivilajeja ovat mustaliuske, metakarbonaattikivi, kiilleliuske ja kvartsiitti. Sivukivenä oleva mustaliuske eroaa hyödynnettävästä mustaliuskeesta lähinnä alhaisemman nikkeli-, kupari-, sinkki- ja kobolttipitoisuuden perusteella.

Terrafamen kaivospiirin kallioperän ominaisuuksia on selvitetty geofysikaalisin mittauksin. Mittaustulosten perusteella kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeet ja ruhjeet ovat alueella yleisiä. Muutoin kallioperä on ehjää sekä seismisten että sähköisten luotausten perusteella. (Forss et al. 2013.)

Sivukivialueen KL2 ja Kuusilammen louhosalueen kallioperän ruhjeisuutta ja mahdollisten ruhjeiden vaikutusta sivukivialueen pohjavesille aiheutuvaan pilaantumisriskiin on selvitetty GTK:n hydrogeologisessa tutkimuksessa (Geologian tutkimuskeskus 2020). Tutkimus on veloitettu tehtäväksi Vaasan hallinto-oikeuden päätöksessä 19/0251/2. Tutkimuksessa on kartoitettu alueella sijaitsevien ruhjevyöhykkeiden alustavat sijainnit ja määritetty pohjaveden kulkeutumisen kannalta merkitykselliset ruhjevyöhykkeet.

Mustaliuske-esiintymän alueella kallioperän luontainen laatu vaikuttaa alueen maaperän sekä pinta- ja pohjavesien laatuun. Mustaliuskeessa olevat metallisulfidit ovat hapettomissa olosuhteissa niukkaliukoisia, mutta voivat hapen vaikutuksesta hapettua sulfaateiksi, jotka liukenevat hyvin veteen. Sulfidien hapettuminen sulfaatiksi myös alentaa veden pH-arvoa, mikä taas voi lisätä muiden metallien liukoisuutta veteen. Mustaliuske-esiintymän alueella ja välittömässä läheisyydessä onkin useissa tutkimuksissa todettu mm. turpeessa, moreenissa, puro- ja järvisedimenteissä ja purovesissä muuta aluetta korkeampia raskasmetallipitoisuuksia jo ennen kaivostoiminnan vaikutusta. Gustavsson et al. (2011) tutkivat 1980- ja 1990-luvuilla alueen orgaanisista purosedimenteistä ja purovesistä otettuja näytteitä ja totesivat näytteissä selkeästi korkeampia nikkelpitoisuuksia mustaliuske-esiintymän alueella ja sen läheisyydessä kuin muilla tutkituilla alueilla. Mäkilän et al. (2012) tutkimuksessa havaittiin kohonneita metallipitoisuuksia mustaliuske-esiintymän alueella olevissa turpeissa. Maarakennustyöt ja ojitukset mustaliuske-esiintymän alueella voivat lisätä mustaliuskekontaktin vaikutuksia alueen maaperään ja vesiin.

Kaivospiirin alue kuuluu metalliprovinssi 3:n alueelle, jolla kuparin, koboltin, kromin nikkelin, vanadiinin ja sinkin pitoisuudet moreenissa ovat suuremmat kuin muualla Suomessa. Turpeen metallipitoisuuksista ei ole olemassa yhtä kattavaa valtakunnallista kartoitusta kuin moreenista. Taustapitoisuuksista voi havaita erityisesti nikkelin pitoisuuden olevan paikoitellen kynnysarvoa suurempi.

Maaperä

Kaivospiirin alueella korkeimmilla maastonkohdilla maapeite on moreenia ja alavilla suoalueilla turvetta. Moreenikerros mukailee alla olevan

kallioperän muotoja ja erityisesti korkeimmilla maastonkohdilla moreenia esiintyy tyypillisesti vain ohut kerros kallion päällä. Kallio- ja moreenimaiden välisissä painanteissa esiintyy laajoja turvealueita ja soistumia. Näillä alavilla alueilla turpeen paksuus vaihtelee alle metristä noin viiteen metriin asti. Turpeen alla on tyypillisesti ohuehko moreenikerros ennen kallionpintaa. Alueella tehtyjen geofysikaalisten selvitysten (Forss et al. 2013) perusteella maapeitepaksuus on valtaosalla kaivospiirin aluetta alle 10 metriä.

Maaperän vedenläpäisevyys on vallitsevien, lajittumattomien maalajien takia tyypillisesti hyvin pieni. Kaivospiirin alueella ei ole harjuja eikä alueella esiinny hyvin vettä johtavia, lajittuneen aineksen alueita kuin vain paikallisesti esimerkiksi pienialaisina rantakerrostumina tai sora- ja hiekka-alueina kumpumoreeneina.

Sivukivialueelta KL2 ja sen läheisyydestä on tehty pohjatutkimuksia noin 900 tutkimuspisteestä. Pohjatutkimukset on pääosin tehty paino-, puristinheijari- ja porakonekairauksilla, joita on täydennetty maanäytteen otolla, pliktauksilla ja koekuopilla. Alueen maanpinta ennen sivukivialueen rakentamista on vaihdellut välillä +209...+247. Korkeissa maastonkohdissa vallitsevana maalajina on ollut moreeni, joka on peittänyt kallionpintaa kohtalaisen ohuena kerroksena. Moreenipeitteiset alueet ovat mukailleet alueen kallioperän muotoja kaakko-luode-suunnasta. Moreenialueet ovat olleet pinnaltaan monin paikoin lohkareisia ja kivisiä. Alavimmilla alueilla on ollut tyypillisesti suota. Soiden turvepeitteen paksuus on vaihdellut alle metristä syvimmillään yli yhdeksään metriin. Syvimmät turvealueet ovat sijoittuneet alueen pohjois- ja eteläosiin. Turve on ollut pääosin lajiltaan rahkaturvetta. Turpeen alapuolella on syvimmillä kohdoin ollut silttinen maakerros, jonka paksuus on vaihdellut parista kymmenestä sentistä neljään metriin. Alueella sijaitseville pehmeiköille on tehty sivukivialueen pohjarakenteen rakentamisen yhteydessä massanvaihdot louheesta moreeniin tai kallioon saakka.

Kaivospiirin alueella tai sen läheisyydessä ei sijaitse valtakunnallisesti arvokkaita moreenimuodostumia, tuuli- ja rantakerrostumia tai kivikoita.

Pilaantunut maaperä

Golder Associatesin vuonna 2015 laatiman selvityksen perusteella kaivospiirin alueella sijaitsee useita alueita, joilla pintamaat voivat olla potentiaalisesti pilaantuneita. Näillä alueilla on käytettävissä olevien tietojen mukaan käsitelty ympäristölle haitallisiksi arvioituja kaivannaisjätteitä tai kemikaaleja tai alueilla voi olla vuonna 2012 sattuneen kipsialtaan vuodon seurauksena pilaantuneita pintamaita. Golder Associatesin tekemässä selvityksessä ei tullut esille sivukivialue KL2:n läheisyydessä sijaitsevia alueita, joilla pintamaat voivat olla edellä mainituista syistä potentiaalisesti pilaantuneita.

Eri puolille kaivospiiriä on läjitetty mustaliuskekontaktissa kontaminoituneita, metallipitoisia pintamaita. Pintamaat on poistettu Kuusilammen louhoksen avaamisen tai laajentamisen yhteydessä malmion päältä.

Ramboll Finland Oy on tutkinut kattavasti kaikki ne pintamaiden läjitys-alueet, joille on läjitetty mustaliuskealueilta poistettuja pintamaita. Tutkimusten perusteella näille alueille läjitetyt pintamaat sisältävät ympäristölle haitallisia metalleja, erityisesti nikkeliä ja sinkkiä.

Mustaliuskealueelta peräisin olevia, metallipitoisia pintamaita on läjitetty sivukivialue KL2:n länsipuolelle. Näiltä läjitysalueilta tulevat valumavedet johdetaan vesienkäsittelyyn. Sivukivialueen KL2 ja Tuhkalantien välisen alueen maaperän mahdollinen kunnostustarve selvitetään ennen sivukivialueen KL2 sulkemisen yhteydessä rakennettavien laskeutusaltaiden ja purkuojien rakentamista. Ensimmäisen peittovaiheen (10 hehtaaria) rakentamisen yhteydessä rakennetaan laskeutusallas sivukivialueen KL2 kaakkoiskulmaan. Ennen rakentamista selvitetään kyseisen alueen kunnostustarve. Laajemmat selvitykset maaperän laadun tutkimiseksi aloitetaan viimeistään vuonna 2025. Mahdolliset kunnostustyöt suunnitellaan tutkimustulosten mukaisesti.

Pintavedet

Yleiskuvaus

Kaivospiiri sijoittuu Oulujoen ja Vuoksen vesistöalueiden väliselle vedenjakaja-alueelle ja neljälle valtakunnallisen vesistöaluejaon 3. jakovaiheen mukaiselle valuma-alueelle. Kaivospiirin keski- ja pohjoisosat sijoittuvat Tuhkajoen valuma-alueella (59.885), etelä- ja lounaisosat Kivijoen valuma-alueella (04.645) ja Sopenjoen valuma-alueelle (04.646) sekä kaakkoisosa Talvijoen valuma-alueelle (59.884). Suurin osa sivukivialueesta KL2 sijoittuu 3. jakovaiheen mukaiselle Talvijoen valuma-alueelle, vain pohjoispää sijoittuu Tuhkajoen valuma-alueelle.

Terrafamen kaivospiiri sijoittuu kahdelle vesienhoitoalueelle ja kahdelle kalatalousalueelle, joiden välinen raja on yhtenevä. Kaivospiirin eteläosa ja eteläpuoliset alueet kuuluvat Vuoksen vesienhoitoalueeseen ja Nilsiän reitin kalatalousalueeseen ja pohjoisosa ja pohjoispuoliset alueet Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueeseen ja Sotkamon kalatalousalueeseen. Sivukivialue KL2 sekä sen ylä- ja alapuolinen virtausreitti sijoittuvat Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueelle ja Sotkamon kalatalousalueelle.

Kaivospiirin sisäpuolelle jäävät ja sitä ympäröivät vesimuodostumat ovat seuraavassa kuvassa.



Terrafamen vesitaseen muodostavat kaivospiirin alueelle tulevat vedet, haihtuvat vedet, varastoitavat vedet sekä alueelta poistuvat vedet. Kaivospiirin alueelle tulee vesiä sadantana, raakavedenottona Kolmisopesta sekä Kuusilammen avolouhokseen kertyvinä kalliopohjavesinä. Alueelta pois johdettavan veden määrää säätelee alueelle tulevan veden määrän ja alueella tapahtuvan haihdunnan erotus. Kaivospiirin alueella muodostuvat puhtaat sade-, sulamis- ja valumavedet pidetään erillään likaantuneista vesistä ja johdetaan maastoon tai vesistöihin.

Kaivospiiriltä johdetaan vesistöihin käsiteltyä vesiä vuosittain noin 6–10 miljoonaa kuutiota. Vuonna 2022 johdettiin vesistöihin yhteensä noin 9,4 miljoonaa kuutiota käsiteltyä vesiä. Vesistä pääosa, noin 85 %, joh-

dettiin purkuputkea pitkin Oulujoen vesistöalueella sijaitsevaan Nuasjärveen. Loput ympäristöön johdetuista vesistä juoksutettiin ns. vanhoja purkureittejä pitkin Oulujoen ja Vuoksen vesistöihin. Oulujoen suuntaan juoksutettavat vedet kulkevat Kalliojoen ja Kolmisopen kautta Tuhkajokeen. Tuhkajoesta vedet kulkevat Jormasjärveen. Vuonna 2022 juoksutuksia Vuoksen suuntaan tehtiin Torvelansuon kautta, josta vedet laskevat aiemman juoksutussuunnan (Kortelammen) purkupisteiden kanssa samaan, Ylä-Lumijärven ohittavaan uomaan, joka yhtyy myöhemmin Lumijokeen. Lumijoesta vedet laskeutuvat Kivijärven kautta Laakajärveen. Vesistöön juoksutettujen, käsiteltyjen vesien yhteismäärä vuosien 2015–2022 välillä on vaihdellut noin 2,5 miljoonasta kuutiosta 9,6 miljoonaan kuutioon vuodessa.

Kaivospiiriltä vesien purkureittien pintavesistöjen tilaa ja veden laadun muuttujia tarkkaillaan tarkkailuohjelman mukaisesti useasta vesistö pisteestä sekä jatkuvatoimisilla mittareilla. Tarkkailua tehdään sekä Oulujoen vesistöalueeseen että Vuoksen vesistöalueeseen kuuluvilla purkureiteillä.

Alueen vesistöt ovat luontaisesti happamia ja niiden alkaliteetti eli puskurointikyky happamoitumista vastaan on ollut ennen teollisuustoiminnan alkua tyydyttävällä tai välttävällä tasolla. Mustaliuskealueella pintavesien metallien taustapitoisuudet ovat yleensä korkeat. Alueen vesistöille on tyypillistä myös ruskeavetisyys, mikä johtuu suuresta humusainneiden määrästä. Humusleimaisille pintavesille on tyypillistä matalahko pH, korkeat väriarvot, värittömiä vesiä korkeampi kemiallinen hapenkulutus sekä kirkkaita vesiä korkeammat kokonaistypen ja raudan pitoisuudet. Kiintoainepitoisuudet ja sameus ovat alueella tyypillisesti pieniä.

Oulujoen vesistöalue

Oulujoen vesistöalueella tarkkailun perusteella purkuvesien vaikutukset näkyvät selkeimmin kaivospiirin lähivesissä. Yleisesti ottaen Kalliojoen, Kolmisopen ja Tuhkajoen vedenlaatu on parantunut purkuputken käyttöönoton jälkeen. Jormasjärven vedenlaatu on ollut vuodesta 2020 lähtien tasaista ja kuormitusvaikutukset pieniä.

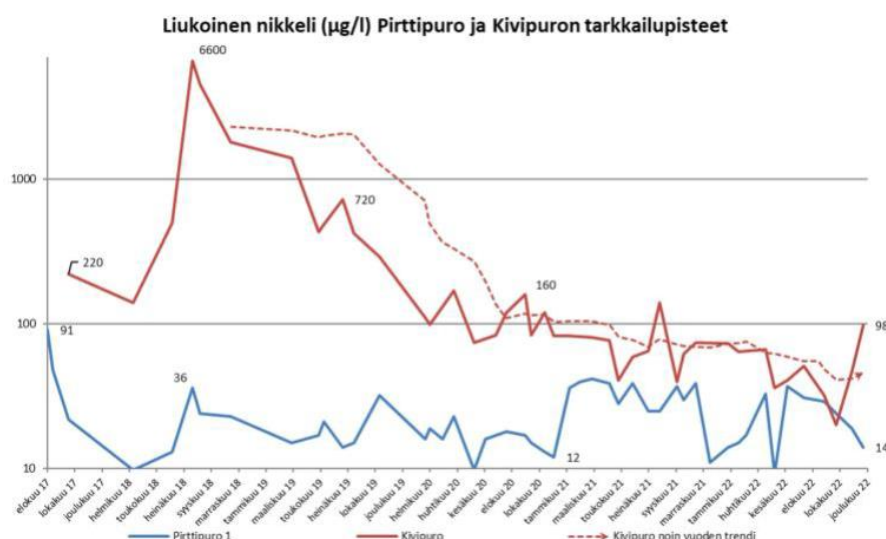
Nuasjärveen purkuputken kautta johdettujen vesien vaikutus näkyy erityisesti purkuputkea lähimpien syvänteiden alusveden kohonneina sulfaatti- ja rikkipitoisuuksina sekä sähkönjohtavuuden nousuna. Myös pH-arvot ovat olleet joillakin mittauspisteillä ajoittain alhaisia. Vuonna 2022 Nuasjärven tarkkailupisteiden päällysveden laatu oli yleisesti hyvää. Terrafamen juoksutusreiteille, esimerkiksi Nuasjärveen tulee myös muuta kuormitusta, joiden vaikutus näkyy tarkkailutuloksissa.

Teollisuusalueelta ei nykytilanteessa johdeta vesiä Talvijoen suuntaan, mutta sivukivialueen KL2 itäpuolella olevien, Talvijokeen laskevien Pirttipuron ja Kivipuron laatua tarkkaillaan kuitenkin osana velvoitetarkkailua erityisesti sivukivialueen mahdollisten ympäristövaikutusten havaitsemiseksi.

Mustaliuske-esiintymien vaikutus on näkynyt jo ennen kaivostoimintaa Talvijoen valuma-alueen puroissa ja Talvijoessa. Talvijokeen laskevan Pirttipuron vesi on ajoittain ollut erittäin hapanta, erityisesti kesäisin. Ennen kaivostoimintaa Talvijoen keskimääräinen pH on ollut noin 5,1 ja nikkelin keskipitoisuus 4 µg/l. Pirttipuron nikkelin keskipitoisuus on ollut noin 10 µg/l. Suomessa kangas- ja savimailla nikkelin taustapitoisuudeksi purovesissä on arvioitu 0,80 µg/l ja turvemilla 0,76 µg/l. Malminetsintäalueilla järvivesien nikkelipitoisuuden keskiarvoksi on arvioitu 1,1 µg/l ja purovesien 11,8 µg/l.

Talvijoen valuma-alueen vesistöjen metallipitoisuuksia nikkelin ja kadmiumin osalta on selvitetty tarkemmin vuonna 2015 toteutetun näytteenoton avulla. Korkeimmat nikkelin ja kadmiumin pitoisuudet havaittiin Pirttipurossa: nikkelianalyysien keskiarvo oli noin 200 µg/l ja kadmiumanalyysien keskiarvo noin 2,5 µg/l. Kuusilammen mustaliuskealueella tehtyjen maanrakennustöiden ja ojitusten seurauksena on mahdollista, että esimerkiksi alueen turpeeseen sitoutuneet sulfidimineraalit ovat hapettuneet ja hapettumisen seurauksena puroveteen on vapautunut sulfaatteja ja raskasmetalleja. Sivukivialue KL2 ei ole ollut lisänäytteenoton aikaan vielä käytössä.

Pirttipuron ja Kivipuron sähkönjohtavuus sekä liukoisien nikkelin velvoitetarkkailun tulokset elokuusta 2017 alkaen on esitetty seuraavassa kuvassa. Kivipuron näytteissä on havaittavissa sivukivialueen KL2 rakentamisen aikaisista valumavesien kohonneista metallipitoisuuksista johtuvia kohonneita metallipitoisuuksia kesällä 2018. Kohonneita metallipitoisuuksia havaittiin tällöin myös Talvijoen tarkkailussa. Tilanteeseen on reagoitu rakentamalla Talvijokeen laskevaan Kivipuroon pato ja pumpaamalla metallipitoiset vedet takaisin vesienkäsittelyyn.



Vuoden 2022 tarkkailutuloksissa Talvijoen näytteiden pitoisuudet ovat olleet tavanomaisia, nikkelin keskipitoisuuden ollessa 5,8 µg/l. Kivipuron nikkelipitoisuudet ovat laskeneet tasaisesti viime vuosien aikana ja ovat vuonna 2022 olleet osassa näytteitä hyvin lähellä Pirttipurosta mitattuja

pitoisuuksia. Kivipurolla liukoisen nikkelin keskipitoisuus vuonna 2022 oli 98,0 µg/l pitoisuuksien vaihdellessa välillä 23–100 µg/l. Pirttipurolla liukoisen nikkelin pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2022 välillä 9,3–38 µg/l keskipitoisuuden ollessa 21,5 µg/l.

Vuoksen vesistöalue

Vuoksen suunnassa purkuvedet ohittavat Ylä-Lumijärven ja koska Lumijärvi sijaitsee Lumijoen yläpuolella, suoranaista kuormitusta purkuvesien osalta ei näihin järviin kohdistu. Järvien tulokset olivat tavanomaisia vuoden 2022 tarkkailussa. Purkuvesien vaikutus oli havaittavissa Lumijoessa alkuvuoden aikana kohonneina sulfaatti- ja sähkönjohtavuustuloksina. Yleisesti voidaan todeta, että Vuoksen suunnan vesistöjen tila on parantunut viime vuosina ja Laakajärveltä eteenpäin vesistöjen pitoisuudet ovat käytännössä taustapitoisuuksien tasolla.

Vesistöjen taustapitoisuusselvitys

Ramboll Finland Oy:n (2015) taustapitoisuusselvityksessä on arvioitu alueen vesistöjen veden liukoisen nikkelin, kadmiumin ja elohopean taustapitoisuuksia ja sitä, ovatko pitoisuudet mustaliuske-esiintymän takia muita alueita korkeampia. Kaivostoimintaa edeltävältä ajalta olevat havainnot osoittavat, että alueella on luontaisesti korkeat veden nikkeli-pitoisuudet.

Kadmiumin osalta tarkkaa arviota taustapitoisuudesta ei ole voitu taustapitoisuusselvityksessä antaa tarkastellun aineiston määritysrajoihin liittyvien haasteiden (kadmiumpitoisuuden analytiikan sekä määritysrajan muutokset) takia. Kirjallisuuden ja tuoreemman aineiston perusteella kadmiumin vuosikeskiarvopitoisuus alueen vesissä voisi olla suuruusluokkaa 0,2 µg/l, mikä on moninkertainen valtakunnalliseen taustapitoisuuteen verrattuna.

Selvityksen perusteella ei ole ollut tarpeen esittää elohopean osalta korkeampaa taustapitoisuuden arvoa alueelle, sillä elohopean pitoisuushavainnot vesiympäristössä ovat pääosin olleet alle määritysrajan tai määritysrajan tuntumassa.

Sivukivialueen KL2 vaikutukset vesistöihin nykytilanteessa

Sivukivialueen KL2 suotovesiä ei johdeta suoraan pintavesiin. Sivukivialueen pohjarakenteen alapuoliset vedet sekä muut sivukivialueen ympärysalueiden hulevedet johdetaan lähiojiin vain, jos ne täyttävät laatuvaatimukset.

Pohjavedet

Yleiskuvaus

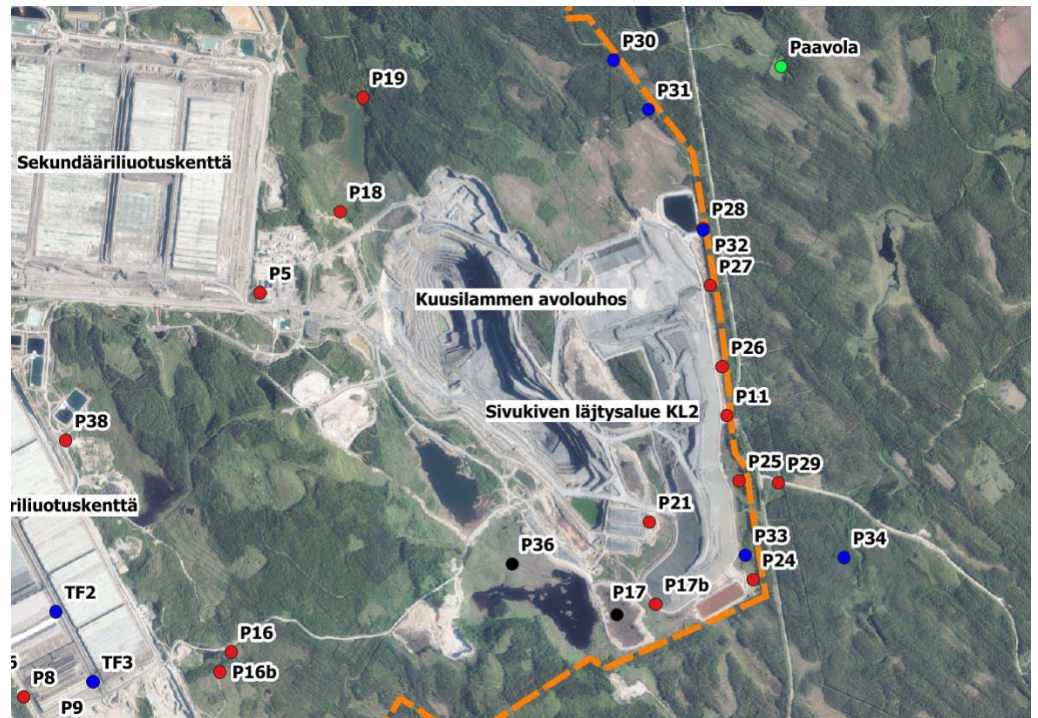
Kaivospiirin alueella tai sen läheisyydessä ei sijaitse luokiteltuja pohjavesialueita. Lähimmät vedenhankintaa varten tärkeäksi luokitellut pohja-

vesialueet sijaitsevat sivukivialueelta KL2 noin 20 km koilliseen (Vuokatti 1176502, Hiukanharju-Pöllyvaara 1176501 ja Riekinräättäkangas 1176516). Lisäksi sivukivialueelta noin 15 km itään sijaitsee Lappasärkän (1176519) vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue.

Pohjaveden päävirtaussuunta kaivospiirin alueella on eteläisen Kuusilammen eteläpuolelta sijaitsevalta vedenjakajalta pohjoiseen. Kuusilammen ja Kolmisopen avolouhosten kuivatusvaikutuksen alue on arvioitu olevan noin 900–1 300 metriä louhosten ympäristössä. Kuusilammen louhoksen osalta vaikutusalue on suhteellisen rajattu, sillä pohjavesien valuma-alue ulottuu louhoksen itä- ja länsipuolella vain noin 100–200 metrin päähän louhoksen reunasta. Pohjaveden virtaussuunnan on arvioitu olevan tällä alueella louhoksen suuntaan myös siinä sulkemisen jälkeisessä tilanteessa, kun louhos on täytynyt vedellä. Isot ruhjevyöhykkeet kallioperässä ovat pääasiallisesti malmivyöhykkeen suuntaiset, eivätkä ne johda kalliopohjavettä laajemmalla alueella idästä tai lännestä. Sivukivialueella KL2 pohjaveden päävirtaussuunta on eteläisen Kuusilammen eteläpuolelta sijaitsevalta vedenjakajalta pohjoiseen.

Pohjaveden laatuun vaikuttavat merkittävästi alueen geologiset olosuhteet, kuten maa- ja kallioperän koostumus. Mustaliuskejaksojen yhteydessä pinta- ja pohjavesien pH-arvot ovat tyypillisesti alhaisia ja metallipitoisuudet ovat mustaliuskejakson ulkopuolisia taustapitoisuuksia korkeampia. Malmiesiintymien ulkopuolella pohjavedessä ei juuri esiinny metalleja. Alueen pohjavesipurkaumien sekä pienten purojen ja lampien pH-arvot sekä puskurikyky ovat alhaisia ja metallipitoisuudet mediaanipitoisuuksia suurempia. Mustaliuskeen rapautuessa aiheutuu ympäristön pintavesien ja maaperän happamoitumista, mikä edesauttaa metallien liukenemista maa- ja kallioperästä pohjaveteen.

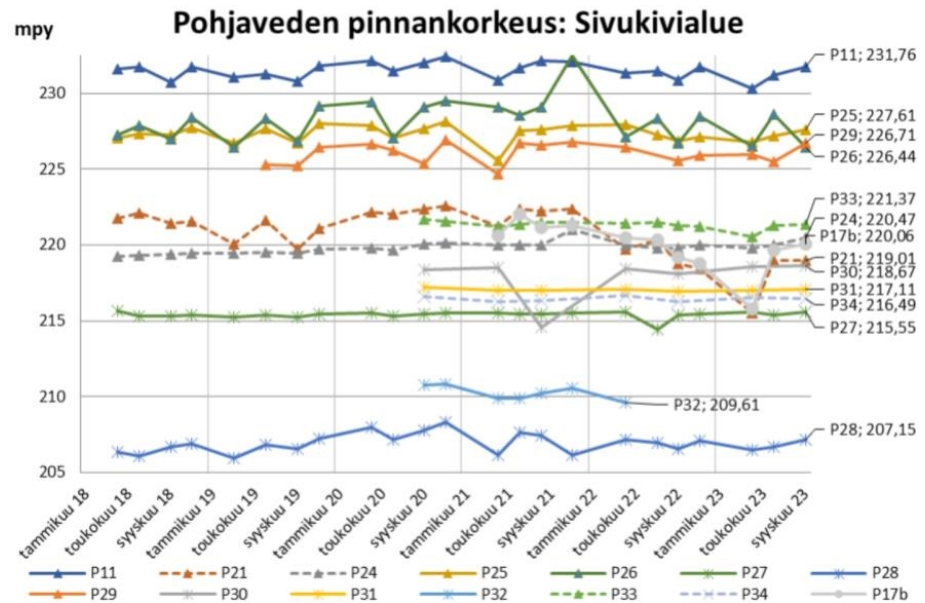
Terrafamen pohjavesitarkkailua on toteutettu vuoden 2023 loppuun Ramboll Finland Oy:n 18.12.2019 (täydennetty 26.5.2020) laatiman tarkkailuohjelman mukaisesti. Vuoden 2024 alusta alkaen ympäristötarkkailu tehdään uuden, 12.9.2023 hyväksytyn (Dnrot KAIELY/503/2022, LAPELY/4668/2018, POSELY/1936/2018) ympäristötarkkailuohjelman mukaisesti. Yhteensä tarkkailussa oli 65 tarkkailupistettä vuonna 2022 (seuraava kuva).



Sivukivialueen KL2 pohjavesitarkkailussa oli yhteensä 14 tarkkailupistettä. Sivukivialueella pohjaveden tarkkailua on tehty vuodesta 2018 alkaen. KL2 sivukivialueen ympäristöön tullaan Terrafamen ympäristöluvan 87/2022 mukaisesti asentamaan lisää pohjaveden tarkkailuputkia Kainuun ELY-keskuksen hyväksymän suunnitelman mukaisesti (päätös 12.9.2023, KAIELY/503/2022). Putkista tehtävä tarkkailu tehdään voimassa olevan ympäristötarkkailuohjelman mukaisesti.

Pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailu

Vuoden 2022 tulosten perusteella pohjaveden pinnankorkeuksia on luonnehtinut pääsääntöisesti luontainen vuodenaikaisvaihtelu, jona voidaan pitää noin metrin muutoksia pohjavedenpinnan korkeudessa. Vuonna 2022 havaittiin pohjaveden keskimääräisten pinnankorkeuksien laskeneen noin 1,6–2,6 metriä tarkkailuputkilla P17b ja P21. Vuoden 2023 ensimmäisellä ja toisella kvartaalilla laskevat trendit jatkuivat, mutta syyskuun 2023 pinnankorkeudet olivat palautuneet lähelle vuoden 2021 syyskuun tasoa, joten laskeva suuntaus näyttäisi pysähtyneen. Vuoden 2021 elo-syyskuun tuloksiin verrattaessa pinnankorkeus oli syyskuussa 2023 putkella P17b noin 1,2 metriä ja putkella P21 3,2 metriä alempana. Edellä mainitut tarkkailuputket sijaitsevat saman, avolouhokseen päin suuntautuvan kallioperän ruhjeen läheisyydessä. Muilla alueen tarkkailupisteillä pohjaveden pinnankorkeudet olivat luontaisen vaihteluvälin sisällä. Seuraavassa kuvassa ovat sivukivialueen tarkkailupisteiden pohjaveden pinnankorkeudet vuodesta 2018 alkaen.



Pohjaveden laadun tarkkailu

Lähimpänä Kuusilammen avolouhosta, geotuubien vieressä pintamaan läjitysalueella sijaitsevan pohjavesiputken P21 pitoisuustasot nousivat sulfaatin, sähkönjohtavuuden sekä metallien osalta kesällä 2020. Nouseva trendi jatkui vuoteen 2022, jolloin mitattiin vuodessa keskimäärin nikkeliä 10 698 µg/l, alumiinia 16 020 µg/l ja sulfaattia 4 450 mg/l. Vuoden 2023 tulosten perusteella edellä mainitut pitoisuudet ovat laskeneet ja ovat tällä hetkellä alle vuoden 2022 vastaavan ajankohdan tulosten, joten trendit ovat laskussa. Tarkkailuputken pohjaveden keskimääräinen pinnankorkeus on laskenut marraskuusta 2021 useamman metrin ja tämän johdosta vesien kertymisolosuhteet tarkkailuputkeen ovat muuttuneet.

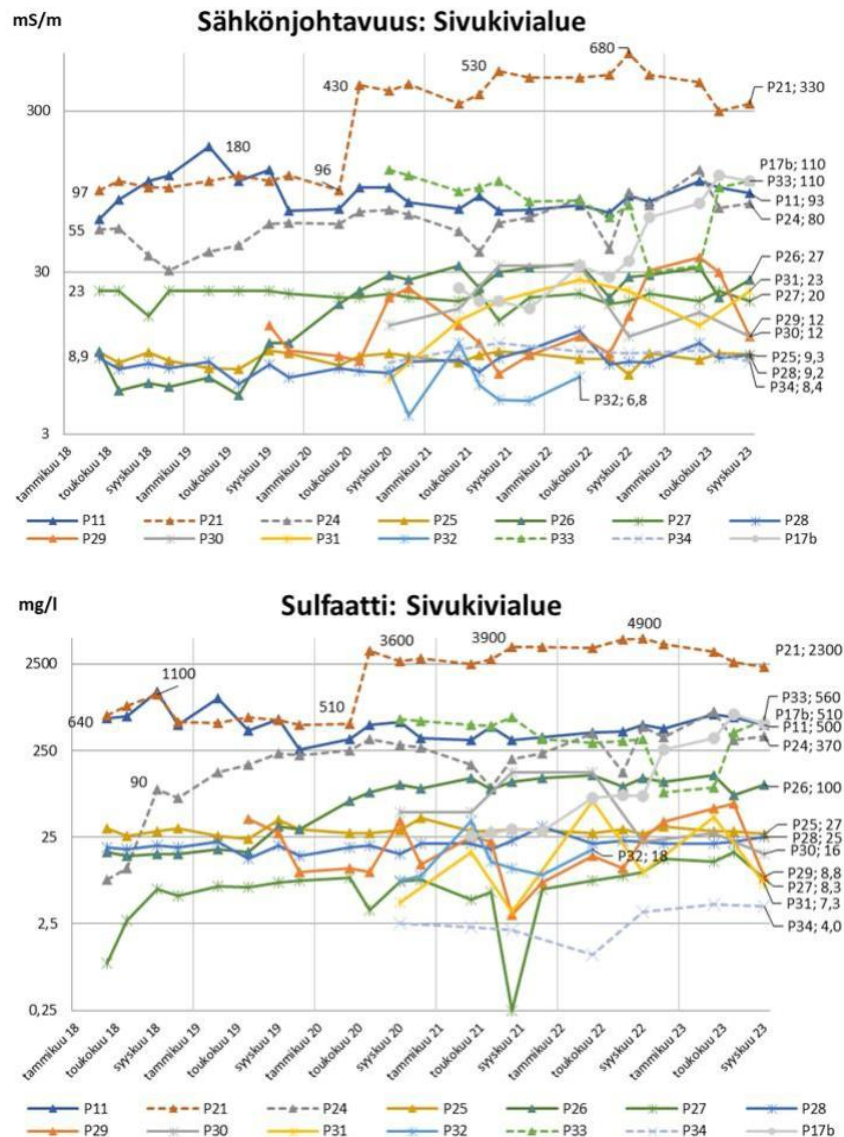
Edellisessä kappaleessa esitettyjä vastaavia muutoksia on havaittavissa myös tarkkailupisteeltä P21 etelään sijaitsevalla tarkkailupisteellä P17b. Tällä tarkkailupisteellä keskeiset pitoisuudet (sähkönjohtavuus, sulfaatti ja nikkeli) ovat huomattavasti pienempiä kuin tarkkailupisteellä P21, mutta pitoisuuksissa on edelleen nouseva suuntaus, vaikkakin syyskuun kierroksella osa pitoisuuksista laski kesäkuun tuloksista. Tälläkin tarkkailupisteellä pohjaveden pinnankorkeus on laskenut useamman metrin marraskuun 2021 tasosta. Tarkkailuputket P17b ja P21 sijaitsevat kallioperän ruhjeiden välittömässä läheisyydessä, joiden veden johtavuuden gradientti on avolouhokseen päin. Näyttäisi siltä, että avolouhoksella on kuivattavaa vaikutusta kyseisten tarkkailupisteiden alueella ja pohjavesien kertymisolosuhteet ovat muuttumassa.

Pohjavesiputken P24 mm. sähkönjohtavuudessa sekä sulfaatti-, nikkeli-, mangaani-, rauta-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksissa oli havaittavissa nousevaa trendiä vuonna 2022. Vuonna 2023 metallipitoisuudet ovat pysytelleet pääsääntöisesti vuoden 2022 tasoilla, myös sulfaattipitoisuus ja sitä kautta sähkönjohtavuus ovat tasoittumassa uudelle tasolle. Pohjavesiputken P26 keskimääräiset sulfaattipitoisuudet ja sähkönjohtavuus ovat nousseet vuodesta 2018 alkaen, sekä metalleista

kadmium, koboltti, kupari, mangaani, nikkeli ja sinkki vuodesta 2019 alkaen. Huhtikuussa 2022 sähköjohtavuus sekä sulfaattipitoisuus saavuttivat korkeimmat tasonsa ja trendit kääntyivät laskuun. Metallipitoisuuksissa nousevan trendin huippu saavutettiin heinäkuussa, jonka jälkeen pitoisuudet kääntyivät laskuun.

Tarkkailuputken P29 kloridi- ja sulfaattipitoisuudet sekä metalleista kadmium-, koboltti-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet olivat nousussa loppuvuodesta 2022. Vuonna 2023, varsinkin kolmannella kvartaalilla pitoisuudet lähtivät jyrkkään laskuun, esimerkiksi nikkelpitoisuus laski kesäkuun arvosta 230 µg/l syyskuussa arvoon 5,4 µg/l ja sulfaattipitoisuus arvosta 61 mg/l arvoon 8,8 mg/l. Lähempänä sivukivialuetta sijaitsevalla tarkkailuputkella P25 vastaavia muutoksia ei ole havaittavissa, tulosten pysytellessä melko matalina.

Seuraavissa kuvissa on esitetty tuloksia pohjavesiputkien tarkkailuiden pitoisuustasoista sähköjohtavuuden, sulfaatin ja nikkelin osalta.



Sivukivialueen KL2 kasvillisuus ennen läjitystoiminnan käynnistämistä on ollut moreenimäkien havupuuvaltaista tuoretta kangasmetsää sekä mäkien välisten painanteiden ojitettuja ja metsittyneitä suoalueita. Nykytilanteessa sivukivialueen ympäristö on pääosin kaivostoimintojen käytössä ja luonnontilaisen kaltaista metsää sijoittuu pienialaisesti vain Pirttikallion kohdalle. Sivukivialue rajautuu idässä ja pohjoisessa nykyisiin havupuuvaltaisiiin tuoreen, kuivahkon ja kuivan kankaan talousmetsiin. Sivukivialueen itä- ja pohjoispuolella sekä Pirttikallio kohdalla puusto on pääosin iältään 50...150-vuotiasta.

Sivukivialueen eteläosaan lohkon 1 länsipuolelle sijoittuu Kuikkalampi. Lammen pinta-ala on noin 0,32 hehtaaria ja lampi on osittain kuivunut ja jakautunut osiin, kun lammen ympäristössä on toimittu. Kaivospiirin alueelle vuonna 2021 laaditussa pienvesiselvityksessä (Sweco Infra & Rail Oy) on todettu, ettei lampi ole luonnontilainen eikä luonnontilaisen kaltainen eikä siten kuulu vesilain 2 luvun 11 §:n tarkoittaman vesiluontotyyppin piiriin. Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto on 29.3.2007 antamallaan päätöksellä nro 33/07/1 myöntänyt poikkeuksen vesilain (264/1961) 1 luvun 15 a §:ssä tarkoitettujen alle yhden hehtaarin luonnontilaisten lampien muuttamiskiellosta. Poikkeuslupa on koskenut myös Kuikkalampea.

Sivukivialueen KL2 länsipuolella noin 2,3 km etäisyydellä Munninmäen alueella on havaittu vuonna 2021 koko maassa rauhoitetun valkolehdon esiintymä tulevan sivukivialueen KL1 alueella. Valkolehdokki (*Platanthera bifolia*) on vuoden 2019 uhanalaisuusarvioinnissa arvioitu elinvoimaiseksi (LC). Alueellisesti laji on uhanalainen (RT) Lapin kolmion keskiboreaalaisella alueella sekä Koillismaan pohjoisboreaalaisella alueella. Hankealue sijaitsee Pohjois-Karjala–Kainuun keskiboreaalaisella vyöhykkeellä, jossa lajin tila on arvioitu elinvoimaiseksi. Terrafame Oy on hakenut Kainuun ELY-keskukselta tammikuussa 2023 luonnonsuojelulain 48 §:n 1 momentin mukaista poikkeamislupaa luonnonsuojelulain 42 §:n 1 momentin mukaisesta rauhoitussäännöksestä koskien valkolehdokkiesiintymää. Valkolehdon esiintymän heikentämiseen saatiin poikkeuslupapäätös 26.4.2024. Päätös on lainvoimainen.

Suojelualueet

Nykyisen kaivospiirin alueella ei ole Natura 2000 -verkostoon kuuluvia alueita tai muita luonnonsuojelualueita. Lähin Natura-alue on noin 2,2 kilometrin etäisyydellä kaivospiirin rajasta kaakkoon sijaitseva Talvi-vaara (FI1201010, SAC). Lisäksi Losonvaaran Natura-alue (FI1201009, SAC) sijaitsee noin 3,4 kilometriä kaivospiiristä luoteeseen, Korsunrinne (FI1200621, SAC) noin 5 km kaivospiiristä kaakkoon sekä Ketrinsaari ja Noronvaara (FI1200602, SAC) noin 5 kilometriä itään.

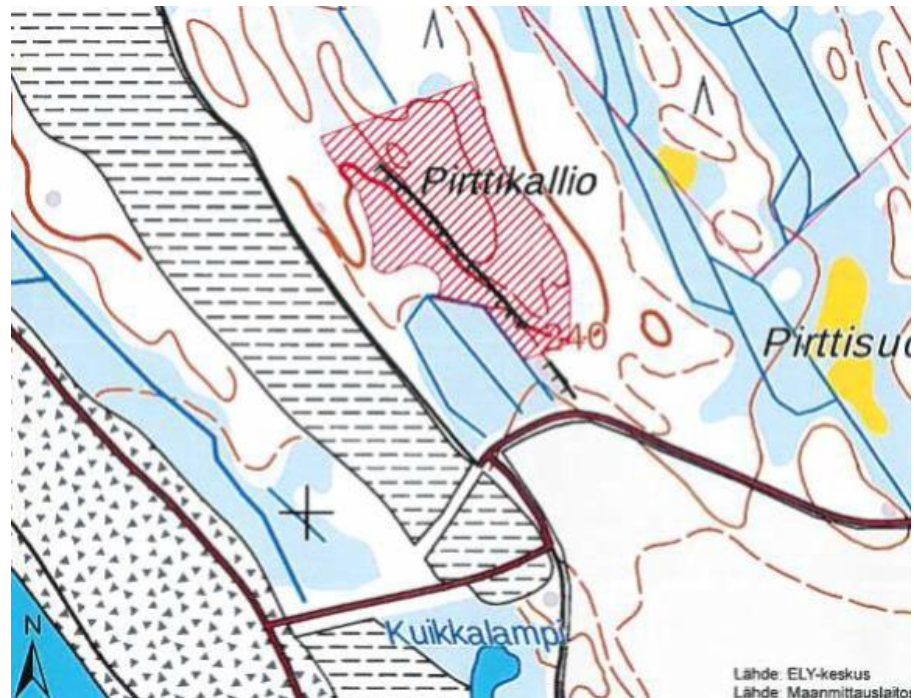
Kaivospiirin läheisyydessä sijaitsee kaksi yksityismaiden luonnonsuojelualuetta. Lähempänä kaivospiiriä sijaitsee Pitkämäen määräaikainen rauhoitusalue (MRA230812, lakkautuspäivä 1.7.2024) noin 600 metrin etäisyydellä kaivospiirin itäpuolella. Savonmäen luonnonsuojelualue

(YSA207793) sijaitsee kaivospiirin kaakkoispuolella noin 1 km etäisyydellä. Lisäksi Losonvaaran Natura-alueeseen välittömästi rajautuva Losonpuron luonnonsuojelualue (YSA245046) ja Losonvaaran Välilampi (YSA249245) sijaitsevat kaivospiirin rajasta noin 3,5 km luoteeseen.

Sivukivialuetta KL2 lähimmäs suojelualueista sijoittuvat Pitkämäen määraikainen rauhoitusalue noin 1 km alueen pohjoisreunasta koilliseen sekä Savonmäen luonnonsuojelualue noin 1,9 km alueen eteläreunasta lounaaseen.

Uhanalaiset eliölajit

Sivukivialueen KL2 länsipuolella Pirttikallion alueella esiintyy erittäin uhanalaiseksi (EN) luokiteltua rotkokehräjäkälää (*Lecanora epanora*). Esiintymä on tunnistettu vuonna 2016 ja Kainuun ELY-keskus on tehnyt luonnonsuojelulain 47 §:n mukaisen päätöksen rotkokehräjäkälän esiintymispaikan rajaamisesta 26.4.2019. Noin 4,3 hehtaarin rauhoitusalue on jätetty sivukivialueen KL2 toimintojen ulkopuolelle (seuraava kuva).



Rotkokehräjäkälä on luonnonsuojelulain (9/2023) 77 §:ssä tarkoitettu erityisesti suojeltava laji. Erityisesti suojeltavan lajin säilymiselle tärkeän esiintymispaikan hävittäminen tai heikentäminen on kielletty. Laji on luokiteltu vuoden 2019 uhanalaisuusarvioinnissa luokkaan erittäin uhanalainen (EN) pienen populaatiokokonsa vuoksi. Laji kasvaa rautapitoisilla kallioilla ja usein pystyillä tai jopa ylikaltevilla pinnoilla. Laji sietää myös muita metalleja kalliassa ja pystyy siksi kasvamaan paikoilla, joilla muut jäkälät eivät menesty. Sotkamossa laji kasvaa mustaliuskekallioilla. Suomesta tunnetaan tällä hetkellä vain kahdeksan lajin tiedossa olevaa esiintymäpaikkaa, joista kolme sijoittuu Kainuuseen:

- Kainuu Sotkamo, Pirttikallio

- Kainuu Kajaani, Lehtojärvi Korpilampi
- Kainuu Sotkamo, Pirttimäki Hyllyväinen.

Terrafame on hakenut Kainuun ELY-keskuksen Ympäristö ja luonnonvarat -vastuualueelta luonnonsuojelulain (LSL, 1096/1996) 48 § 2 momentin mukaista poikkeuslupaa poiketa LSL 47 § mukaisesta rauhoitus-säännöksestä, koskien rotkokehräjäkälän esiintymän heikentämistä lajin esiintymisen turvaamiseksi tehtäviä siirtoistutuksia varten. Kainuun ELY-keskus myönsi luvan siirtoistutusta varten 4.5.2022 päätöksellä KAIELY/259/2020. Rotkokehräjäkälän siirtoistutus on toteutettu kesällä 2023. Lajia siirrettiin poikkeusluvan ehtojen mukaisesti 3 kpl halkaisijaltaan 5–10 cm kokoista kiveä Terrafamen omistuksessa olevalle kiinteistölle Hopeakallion alueella. Siirtoistutuksen onnistumista seurataan vuosittain viiden vuoden ajan. Ensimmäinen seurantakäynti siirtokohteella tehtiin lokakuun alussa 2023. Seuraava tarkastus on syksyllä 2024. Seuranta tehdään vähintään vuoteen 2028 asti, minkä jälkeen arvioidaan, onko seuranta tarvetta jatkaa edelleen.

Luontodirektiivin liitteen IV(a) lajit

Sivukivialueen KL2 ympäristöön ei sijoitu liito-oravan tai lepakoiden tunnistettuja lisääntymis- tai levähdyspaikkoja. Lähimmät liito-oravahavainnot sijoittuvat sivukivialueesta noin 900 metriä länteen Kuusimäen kuljun alueelle ja noin 900 luoteeseen Raajamäen alueelle. Lähimmät lepakhavainnot sijoittuvat noin 1,4 km länteen Kuusimäen alueelle. Sivukivialueen lähiympäristössä ei myöskään sijaitse luontodirektiivin IV (a) -liitteen sudenkorentojen lisääntymis- tai levähdyspaikkoja. Lähimmät direktiivikorentojen havainnot sijoittuvat Rasvalammille noin 5 km sivukivialueesta luoteeseen.

Kaivospiirin alue sijoittuu Laakajärven susireviirille, jossa susihavainnot on tehty ainakin vuosina 2019–2022. Myös susi on luontodirektiivin liitteen IV (a) laji. Lisäksi nykyisen kaivospiirin alueella potentiaalisesti esiintyviksi luontodirektiivin liitteen IV (a) lajeiksi on arvioitu saukko, viitasammakko sekä Kainuun vaara-alueelle tyypilliset suurpedot karhu, ahma ja ilves. Lisäksi luontodirektiivin mukaisten sukeltajakuoriaislajien esiintymisen arvioidaan olevan mahdollista alueella. Karhusta ja ilveksestä on havainnot mm. Kolmisopen alueelta, mutta Luonnonvarakeskuksen mukaan kyseistä lajeista ei laadita tarkkoja kanta-arvioita. Viitasammakoiden ja sukeltajakuoriaislajien isolampisukeltajan ja jättisukeltajan esiintymistä kaivospiirin sisäpuolella on selvitetty mm. vuoden 2022 selvityksessä, mutta lajeja ei ole havaittu kaivospiirin alueella.

Melu

Nykytilanteessa kaivospiirin alueella syntyy toiminnan aikaista melua maansiirtotöistä, louhinnasta, murskauksesta, porauksesta sekä kuljetuksiin liittyvistä toiminnoista. Bioliuotuskasojen ilmastukseen käytettävistä puhaltimista on todettu aiheutuvan kapeakaistaista melua. Lisäksi kiviaineksen louhintaräjäytyksistä syntyy ajoittaista lyhytaikaista melua.

Yhtiön ympäristöluvassa (lupapäätös nro 87/2022, PSAVI/2461/2017, annettu 20.6.2022) on määrätty raja-arvot kaivospiirin alueelta kantautuvalle melulle sekä esitetty rajoituksia ja toimenpiteitä melua tuottavalle toiminnalle. Ympäristöluvan mukaan kaivos- ja muun toiminnan melupäästöistä aiheutuva ympäristömelutaso ei saa ylittää asumiseen tai vapaa-ajan asumiseen käytettävien rakennettujen kiinteistöjen piha-alueella päiväaikaista (klo 7–22) 55 dB(A) eikä yöaikaista (klo 22–07) A-painotettua ekvivalenttitasoa 50 dB(A). Raja-arvoon verrattavaan mittausta- ja laskentatulokseen on lisättävä 5 dB, jos melu on iskumaista tai kapeakaistaista.

Ympäristöluvassa on lisäksi rajoitus sivukivialueen KL2 ja Kuusilammen avolouhoksen toiminnalle. Lupamääräyksen mukaan sivukivialueen KL2 täyttötoiminta asutuksen suuntaan on aina tehtävä läjitysalueen kulloisen täyttötason reunaan sivukivestä rakennettavan meluvallin takana. Meluvallia saa rakentaa päiväaikaan klo 8–20 välisenä aikana ennen läjitystoiminnan aloittamista kulloinkin kyseessä olevalla alueella. Sivukivialueen KL2 itä- ja pohjoissivun luiskan ja lakialueen muotoilua ei saa tehdä klo 20–8 välisenä aikana. Kuusilammen avolouhoksen pohjoispäähän on tehtävä meluvalli ennen louhoksen pohjoisosan laajennuksen maanpoiston aloittamista. Toimintaa, josta aiheutuva ympäristömelutaso alittaa asetetut raja-arvot häiriintyvässä kohteessa, mutta on muutoin erityisen häiritsevää, ei saa tehdä klo 20–08 välisenä aikana, jos meluvallit eivät rajoita myös kyseisen kaltaista melua riittävästi. Rajoitus voi koskea esimerkiksi kallion porausta avolouhoksen pohjoisella laajennuksella sekä erityisen häiritsevää sivukiven kuljetusta ja kuormien purkua.

Sivukivialueella KL2 muodostuvaa melua on tarkasteltu melumallinnuksien tuotannon YVA-selostuksen yhteydessä vuonna 2017. Tuolloin tehdyn, koko tuotantoa koskevan melumallinnuksen perusteella sivukivialueen KL2 toiminnasta aiheutuva melu havaitaan etenkin sivukivialueen pohjoispuolella sijaitsevan Hakonen -järven rannan loma-asuinrakennuksilla, jossa voi aiheutua melun yöajan raja-arvon (50 dB) ylityksiä. Lisäksi etenkin Pitkämäen rauhoitusalueella kaivospiirin koillispuolella melu voi joissain tapauksissa ylittää 45 dB:n raja-arvon päivällä sekä 40 dB yöllä. Muilta osin kaivoksen ja teollisuustoimintojen aiheuttama melu rajoittuu yhtiön toiminta-alueelle.

Kaivostoiminnasta aiheutuvia melutasoja on mitattu kaivosalueen ympäristössä tarkkailuohjelman mukaisesti 4–6 mittauspisteestä vuosina 2015, 2018, 2021 ja 2023. Lisäksi lähimmällä asuinkiinteistöllä suoritetaan nykyisin jatkuvatoimista mittausta. Kyseinen kiinteistö on Terrafamen omistuksessa. Mittaustulokset kuvaavat koko kaivoksen tuotantoalueella muodostuvaa melua, eikä tuloksista voi erottaa sivukivialueen KL2 toiminnan vaikutusta.

Uusimman mittausjakson 8.–9.5.2023 aikana tuotantoalueen melu oli kuultavissa kaikilla muilla mittauspisteillä paitsi Honkapirtin mittauspisteellä, jossa tuotantoalueen melu ei erottunut muusta äänimaisemasta.

Mittausten perusteella melutaso alittaa valtioneuvoston asetuksessa annetut päiväajan ja yöajan ohjearvot kaikissa muissa pisteissä paitsi Myllyniemen mittauspisteellä päiväaikana. Myllyniemen mittauspisteessä mittaustulos tulkittiin yhtä suureksi kuin ohjearvo. Taajuustarkastelujen perusteella melussa oli havaittavissa kapeakaistasuutta 125 Hz alueella ainoastaan Kalliojärven mittauspisteessä. Kuulohavaintojen perusteella melussa ei havaittu impulssimaisuutta. Mittausten aikana tuotantotilanne oli normaali kaivoksen primääri- ja sekundäärialueilla. Aiempiin, vuonna 2021, tehtyihin mittauksiin verrattuna keskiäänitasot olivat korkeammat, etenkin Kalliojärven mittauspisteessä.

Tärinä

Nykytilanteessa kaivospiirin alueella syntyy toiminnan aikaista tärinää maansiirtotöistä, louhinnasta sekä raskaasta liikenteestä. Liikenteen aiheuttaman tärinän voimakkuus vaihtelee ja riippuu mm. ajoneuvon kokonaispainosta ja ajonopeudesta sekä tien kunnosta.

Ilmanlaatu ja päästöt ilmaan

Nykytilanteessa kaivospiirin alueella syntyy päästöjä ilmaan malmin sekä tarvekiven louhinnasta ja murskauksesta, malmin käsittelystä, metallien talteenotosta, työkoneista sekä polttolaitosten ilmaan johdettavista päästöistä. Kaivoksen ympäristöluvassa nro 87/2022 on lupamääräykset 41–53 liittyen ilmaan kohdistuviin päästöihin.

Suomen lainsäädännössä ei kiintoaine- tai metallilaskeumalle ole määrätty raja- tai ohjearvoja. Rikkilaskeumalle on annettu Suomen metsätalouksille pitkänajan keskimääräinen tavoitearvo $0,3 \text{ g/m}^2/\text{vuosi}$ (Vnp 480/1996). Hengitettävien hiukkasten (PM10) vuorokausipitoisuuden raja-arvo on $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ja vuosipitoisuuden $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Ilmanlaatuasetus sallii vuorokausipitoisuuden ylityksiä kalenterivuoden aikana 35 kpl, joten raja-arvopitoisuuden katsotaan ylittyneen, mikäli vuoden 36. korkein vuorokausipitoisuus ylittää $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

Ilmanlaatua tarkkaillaan kaivospiirin alueella ja sen lähiympäristössä kuukausittaisella laskeumamittauksella sekä kuuden vuoden välein tehtävällä leijumamittauksella. Vuoden 2023 toukokuusta alkaen Hakosen itärannalla on toteutettu leijumamittauksia jatkuvatoimisesti. Lisäksi ilmaan johdettujen päästöjen vaikutuksia on seurattu välillisesti maa-alueilla tehtävän biologisen tarkkailun kautta (kangasrouskut, havunneulat). Sivukivialueelle KL2 on laadittu pölyselvitys vuonna 2016.

Hajapölypäästöjen hallintasuunnitelma

Hakemuksen liitteenä on toimitettu ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 46 mukainen hajapölypäästöjen hallintasuunnitelma (päivitetty 3.6.2024). Sivukivialueen osalta suunnitelmassa on esitetty muun ohella seuraavaa:

Nykykäytännön mukaisesti tiestöä sivukivialueella kastellaan kesällä ympärivuorokautisesti. Kastelussa käytetään nykyisin Kolmisopesta pumpattua raakavettä ja Kuusilammen vettä. Sivukiven siirrosta vastaava urakoitsija huolehtii omalla kalustollaan pölynsidonnasta omien reittiensä alueella sivukivialueella. Terrafamen yhteyshenkilö sekä urakoitsija vastaavat pölynsidonnasta riittävydestä. Kuivalla ja pölyävällä kelillä kasteluyksiköt pyritään pitämään ajossa ympäri vuorokauden.

Sivukiven läjitys on siirtynyt sivukiven läjitysalueelle KL1, joka sijaitsee kaivospiirin keskiosissa ja kauempana asutuksesta kuin sivukivialue KL2. Tämä vähentää kaivospiirin ulkopuolelle syntyviä ympäristövaikutuksia. Suunnitelman mukaan urakoitsija seuraa aktiivisesti toiminnasta aiheutuvaa pölyämistä ja kastelee tarvittaessa tiestöä pölyämisen estämiseksi. Toiminta keskeytetään, mikäli pölyä havaitaan leviävän selvästi työskentelyalueen ulkopuolelle esimerkiksi voimakkaan tuulen vuoksi. Toimintaa seurataan urakoitsijan omavalvonnalla, työmaavalvojan ja urakoitsijan kenttäkierroksilla sekä yhteistyöpalavereilla, työmaapäiväkirjoilla ja ympäristötarkkailulla. Urakoitsija pitää työmaasta käyttöpäiväkirjaa, johon merkitään mm. toiminta-ajat, havainnot melusta, pölystä, kastelutoimenpiteistä. Sivukivialueella KL2 käytettyjä hyviä käytäntöjä on tarkoitus jatkaa sivukivialueella KL 1 ja rakennettavalla alueella KS1.

Sivukivialueen KL2 pölyselvitys

Sivukivialueelle KL2 on laadittu pölyselvitys. Selvityksessä tarkasteltiin leviämislaskennoilla hengitettävien hiukkasten (PM10) päästöjen aiheuttamia vuorokausi- ja vuosipitoisuuksia maanpinnan tasolla ja verrattiin niitä ilmanlaadun raja-arvoihin. Sivukivialueella pölypäästöjä aiheutuu lastauksista, kuljetuksista, kippauksista ja kasan muotoilusta. Lisäksi joissakin olosuhteissa voi aiheutua pölypäästöjä esim. pyörteisen ja puuskittaisen tuulen nostaessa pölyä ilmaan. Toiminnasta aiheutuvien pölypäästöjen määrä ja niiden leviäminen riippuu merkittävästi sääolosuhteista. Normaali-toiminnan pölypäästöt ja vaikutukset ilmanlaatuun ovat todennäköisesti suurimmillaan loppukevään ja alkukesän poutajaksojen aikana. Kuljetusten pölypäästöjen määrä riippuu sääolosuhteiden lisäksi lastausten ja käsittelyn määrästä sekä siirtomatkojen pituudesta. Tiealueet toimivat pintalähteinä renkaiden ja tuulen nostaessa ilmaan pölyä. Kivipölypäästöjen lisäksi kuljetukset aiheuttavat vähäisiä määriä pakokaasupäästöjä. Pölyämistä vähennetään kastelemalla/suolaamalla kuljetusreittejä.

Laadittujen leviämislaskelmien mukaan sivukivialueen KL2 päästöjen päästökorkeudet ovat suhteellisen matalia ja suurin osa maanpinnalla, joten normaalitoiminnan vaikutusalue on suhteellisen pieni, vaikka päästöjä muodostuu toiminnan aikana jatkuvasti. Kuljetusten aiheuttama pölypäästö vaihtelee toiminnan mukaan. Raja-arvoihin verrattavat, vuorokauden keskimääräiset PM10-pitoisuudet (raja-arvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), rajoittuvat pölyn leviämislaskelmien perusteella kuljetusreiteille ja sivukivialueelle. Rakennettaessa sivukivialueen pohjoisimman lohkon suojavallia, vuoden tarkastelujakson 36. korkeimmat vuorokausipitoisuudet

Hakosen järven alueen lähimpien rakennusten kohdalla olivat suurimmillaan noin 15–40 µg/m³ eli noin 30–80 % vuorokauden raja-arvosta. Vuosipitoisuus lähimmän rakennuksen kohdalla on edellä mainitussa tilanteessa mallinnuksen perusteella keskimäärin noin 10–15 µg/m³, eli noin 25–40 % raja-arvosta. Mallinnuksen perusteella sivukivialueen käytöstä ei aiheudu vuorokausi- tai vuosiraja-arvot ylittäviä pölypitoisuuksia lähimpien häiriintyvien kohteiden alueella. Poikkeustilanteissa, esimerkiksi puuskittaisen ja kovan tuulen sekä pitemmän poutajakson aikana voivat pölypäästöt aiheuttaa kuitenkin viihtyvyyshaittaa esimerkiksi pinnoilla tai lumessa näkyvänä kivipölynä.

Laskeumamittaukset

Pölylaskeumaa on tarkkailtu tarkkailusuunnitelman mukaisesti laskeumakeräimillä vuodesta 2009 alkaen. Laskeumanäytteistä määritetään kuukausittain pH, sähkönjohtavuus ja kiintoainepitoisuus sekä kiintoaineen hehkutushäviö ja -jäännös, ja lisäksi viisi kertaa vuodessa nikkeli-, koboltti-, kupari-, sinkki-, rauta-, rikki- ja uraanipitoisuudet. Vuonna 2022 pölylaskeumaa tarkkailtiin yhteensä 17 tarkkailupisteestä, joista kaivospiirin alueella oli 4 pistettä ja kaivospiirin ulkopuolella 13 pistettä. Toiminnan vaikutukset olivat nähtävissä etenkin kaivospiirin sisäpuolella olevissa tarkkailupisteissä, joissa laskeuman epäorgaanisen aineksen (hehkutusjäännös) ja metallien määrät ovat pääosin korkeammat kuin kaivospiirin ulkopuolella. Hehkutusjäännöksen määrä kuvaa toiminnan vaikutuksia paremmin kuin kiintoainelaskeuma, koska kiintoaine sisältää epäorgaanisen aineksen lisäksi myös orgaanista materiaalia, joka on lähtöisin muusta kuin yhtiön toiminnasta.

Sivukivialueen KL2 lähimmät laskeumatarkkailupisteet ovat Pöly3, Pöly4, Pöly6, Pöly14, Pöly21 sekä siirtyvät tarkkailupisteet Pöly19 ja Pöly20. Sivukivialueen KL2 itäpuolella sijaitsevia siirtyviä tarkkailupisteitä Pöly19 ja Pöly20 siirrettiin loppuvuodesta 2022 pohjoisemmas läjityksen painopisteen muuttuessa. Terrafame on lisännyt veloitettarkkailuun vuoden 2023 lopulla sivukivialueen KL1 ympäristölupapäätöksen (107/2023) määräyksen 40 mukaisesti kaksi siirtyvää laskeuman tarkkailupistettä. Toinen uusista tarkkailupisteistä sijaitsee Kuusimäen kuljun alueella, sivukivialueen KL2 lounaispuolella.

Vuonna 2022 kiintoainelaskeuma alitti pääosassa näytteistä aikaisemmin viihtyvyyshaittarajana pidetyn arvon 10 g/m²/kk. Tätä arvoa korkeampia kiintoainelaskeuman arvoja havaittiin kesäkuussa pisteillä pöly4, pöly6 ja pöly14, elokuussa pisteillä pöly6 ja pöly7, sekä helmikuussa pisteellä pöly14. Kesä- ja elokuun näytteissä kiintoaines koostui pääosin orgaanisesta aineksesta (hyönteisistä ja kasvimateriaalista), joka ei ole peräisin Terrafamen toiminnasta. Helmikuussa pisteen pöly14 näytteessä kiintoaine koostui lähes kokonaan epäorgaanisesta aineksesta, joka on todennäköisesti peräisin Terrafamen toiminnasta.

Kaivospiirin alueella kerätyissä näytteissä kiintoaineen hehkutusjäännöksen vaihteluväli oli 0,08–10,7 g/m²/kk ja kaivospiirin ulkopuolella 0,001–3,2 g/m²/kk. Hehkutusjäännöksen määrä oli laskeumanäytteissä

pääosin verrattain alhainen, lukuun ottamatta pisteellä pöly1 joulukuussa sekä pisteellä pöly14 maalisi- ja joulukuussa havaittuja korkeampia arvoja. Kiintoaineen hehkutusjäännöksen vuosikeskiarvoissa on nouseva trendi vuosina 2014–2022 etenkin pisteellä pöly14 ja lievempanä kaivospiirin ulkopuolisilla pisteillä pöly4 (Taattola), pöly6 (Myllyniemi) ja pöly7 (Sorsala). Vuosikeskiarvon nousuun ovat oletettavasti vaikuttaneet louhinnan ja murskauksen siirtyminen lähemmäs kyseisiä mittauspisteitä, louhintamäärän kasvu, KL2 sivukivialueen rakentaminen ja läjityksen siirtyminen kohti pohjoista sekä uuden Rahvaantien kiviautotien rakentaminen.

Vuonna 2022 metallilaskeumassa ei havaittu merkittäviä muutoksia tai poikkeamia aikaisempien vuosien tuloksiin verrattuna. Nikkelin, kuparin, koboltin ja sinkin vuosikeskiarvoissa on nouseva suuntaus vuosina 2014–2022 kaivospiirille sijoittuvilla pisteillä pöly1, pöly12 ja pöly14. Myös raudan osalta trendi on nouseva pisteillä pöly1 ja pöly12 vuosina 2014–2022, mutta pisteellä pöly14 raudan vuosikeskiarvon kohoaminen on alkanut vasta vuonna 2022. Pisteiden pöly1 ja pöly12 vuosikeskiarvojen kohoamiseen vuosina 2021 ja 2022 on todennäköisesti vaikuttanut primääriliuotusalueen kasauksen eteneminen. Lisäksi keskiarvojen kohoamista osaltaan selittää vuosittain käsitellyn malmin määrän kasvaminen. Bioliuotusalueen laajentumisen myötä malmia on kasattu, purettu ja siirretty sekundääriliuotusalueelle suurempia määriä kuin edellisinä vuosina. Pisteiden pöly14 osalta vuosikeskiarvojen kohoamisen taustalla ovat samat syyt kuin on aiemmin tuotu esille epäorgaanisen kiintoainelaskeuman osalta.

Kaivospiirin ulkopuolisista pisteistä keskimääräiset metallilaskeumat ovat olleet koholla pisteellä pöly3 vuosina 2018 ja 2019, ja laskeneet sen jälkeen. Piste pöly3 sijaitsee sivukivialueen KL2 eteläisen osan itäpuolella. Muiden kaivospiirin ulkopuolisten pisteiden laskeumissa ei havaita yhtä merkittäviä muutoksia. Kaivospiirin ulkopuolisilla pisteillä pöly4, pöly5, pöly6 ja pöly7 havaitaan kuitenkin nikkelin, kuparin, koboltin, sinkin ja raudan osalta lievästi nouseva suuntaus vuosina 2014–2022. Pisteiden pöly6 osalta myös kiintoaineen hehkutusjäännöksen vuosikeskiarvon kehityssuunta on nousujohteinen. Pisteiden pöly5 osalta vuosikeskiarvoja vuosina 2021–2022 ovat nostaneet erityisesti kesäkuussa 2021 ($112,5 \text{ mg/m}^2/\text{kk}$) ja joulukuussa 2022 ($115,9 \text{ mg/m}^2/\text{kk}$) määritetyt korkeat laskeumatulokset. Nurminiemessä on Terrafamen mukaan tehty yksityisten maanomistajien toimesta hakkuita talvella 2022–2023, mikä voi osaltaan selittää joulukuun 2022 kohonnutta tulosta.

Edellisvuosien tapaan rikkilaskeuman tavoitearvo ylittyi lähes kaikilla tarkkailupisteillä vuonna 2022. Rikkilaskeuma kaivospiirin alueen tarkkailupisteillä oli $1,0\text{--}3,3 \text{ g/m}^2/\text{vuosi}$ ja kaivospiirin ulkopuolella $0,3\text{--}1,4 \text{ g/m}^2/\text{vuosi}$. Laiterikon vuoksi vuoden 2022 tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia aikaisempien vuosien tulosten kanssa, koska tulosten käsittelyssä on määritysrajan $5\,000 \text{ }\mu\text{g/l}$ alittavien pitoisuuksien osalta käytetty arvona määritysrajan puolikasta, ja alle $500 \text{ }\mu\text{g/l}$ tulosten osalta määritysrajan arvoa.

Hengitettävien hiukkasten mittaukset

Ilmatieteen laitos on tehnyt alueella ilmanlaadun tarkkailua hengitettävien hiukkasten eli halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin hiukkasten (PM10) pitoisuuksien osalta vuosina 2008–2009, 2015–2016 sekä 2022 kahdessa mittauspisteessä, joista toinen sijaitsi kaivoksen tehdasalueella ja toinen lähimmän asutuksen alueella Myllyniemessä. Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä analysoidaan lisäksi arseeni- ja metallipitoisuudet.

Viimeisin mittausjakso on toteutettu 1.1–31.12.2022 välisenä aikana. Hengitettävien hiukkasten mitatut pitoisuudet jäivät ilmanlaatulainsäädännössä annettujen raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle Myllyniemen asemalla. Tehdasalueella hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon alempi arviointikynnys ylittyi. Tehdasalueella mitatut pitoisuudet edustavat koko kaivos- ja tehdasalueen pitoisuustasoa, jossa sovelletaan työterveyttä ja työturvallisuutta koskevia säännöksiä ja arviointikynnyksen ylittyminen ei siten johda erillisiin toimenpiteisiin. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksille ilmanlaatulainsäädännössä annetut vuorokausiohjearvot eivät ylittyneet mittausjaksolla kertaakaan Tehdasalueen asemalla, mutta Myllyniemen asemalla ohjearvoon verrattava pitoisuus ylitti ohjearvotason elokuussa. Mittausjakson vuosikeskiarvot $14,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Tehdasalueella sekä $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Myllyniemessä ovat selvästi alle hengitettävien hiukkasten vuosiraja-arvon $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat korkeimmillaan 56 % vuorokausiraja-arvosta ja 35 % vuosiraja-arvosta. Hengitettävien hiukkasten keruunäytteistä analysoitujen arseeni- ja metallipitoisuuksien vaihtelu oli suurta eri näytteiden välillä. Arseenin, kadmiumin, nikkelin ja lyijyn mittausjakson pitoisuuskeskiarvot alittivat selvästi raja- ja tavoitearvotason sekä myös alemman arviointikynnyksen tason Myllyniemen asemalla. Tehdasalueen asemalla nikkelin pitoisuuskeskiarvo ylitti reilusti nikkelin tavoitearvotason ollen noin 510 % tavoitearvosta.

Vuoden 2023 alussa Taattolassa, Hakosen itärannalla, on otettu käyttöön uusi jatkuvatoiminen hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien mittausasema, jonka tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa myös sivukivalueen KL2 sulkemisesta ilmanlaatuun kohdistuvien vaikutusten tarkkailussa.

Biologinen tarkkailu

Vuonna 2018 tehdyn bioindikaattoritutkimuksen yhteydessä havaittiin kaikilla näytealoilla merkkejä mäntyjen harsuuntumisesta sekä neulasten värivikaisuudesta. Yleisesti mäntyjen neulaskatoluokka vaihteli välillä 1–3 (20–30 %) eli harsuuntuminen oli kohtalaista. Kaikkien tutkittujen metallien ja rikin pitoisuudet ovat kaivoksen läheisyyteen sijoittuvilla männynneulasnäytealoilla yleensä selvästi kohonneita ja pitoisuudet vähentyvät kauempana kaivostoiminnoilta sijaitsevilla näytealoilla.

Vuonna 2018 sieninäytteiden sinkki-, nikkeli-, koboltti- ja kuparipitoisuudet olivat yleisesti ottaen joko laskeneet tai pysyneet suunnilleen sa-

malla tasolla verrattuna vuoden 2013 seurantatuloksiin. Useiden näytealojen sienten metallipitoisuuksissa ei ole havaittavissa selvää kehityssuuntaa 2008–2018 vaan pitoisuudet ovat vaihdelleet eri seuranta-vuosien välillä. Viimeisin maa-alueiden biologinen tarkkailu on toteutettu vuonna 2023, mistä raportointi valmistuu keväällä 2024.

ARVIO SIVUKIVIALUEEN SULKEMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

Vaikutukset kaavoitukseen ja maankäyttöön

Hankkeella ei ole vaikutusta voimassa oleviin maakuntakaavoihin. Sivukivialue KL2 ei sijoitu yleiskaavan tai asemakaavan alueelle eikä alueen sulkeminen estä tai rajoita muiden lähialueella voimassa tai vireillä olevien yleis- ja asemakaavojen toteutumista. Hakemuksen mukaan hanke ei ole ristiriidassa valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden kanssa.

Hanke sijoittuu Terrafamen nykyisen kaivospiirin alueelle Kuusilammen avolouhoksen välittömään läheisyyteen. Sivukivialueen KL2 välitöntä vaikutusaluetta ei ole kaavoitettu herkkään maankäyttöön, kuten lomaa-asumiseen, virkistyskäyttöön tai suojeluun. Alueen ympäristö on harvaan asuttua metsätalousvaltaista aluetta.

Sivukivialueen KL2 sulkeminen ja sopeuttaminen maisemoinnilla osaksi muuta maisemaa kohentaa alueen maankäytöllistä ilmettä, kun aiemmin kaivostoimintojen aktiivisessa käytössä ollut alue palautuu lähemmäs luonnontilan kaltaista tilannetta. Alue säilyy osana kaivospiiriä ja sen mahdollinen tulevaisuuden maankäyttö peittorakenteen rajoitteet huomioon ottaen tarkentuu myöhemmin. Kaivostoiminnan päättymisen jälkeen hankealueen kaivostoimintaa osoittavat maakuntakaavamerkinnät voidaan kumota, jolloin kyseiset alueet voidaan mahdollisuuksien mukaan ottaa muuhun käyttöön. Mahdollisia vaihtoehtoja voivat olla esimerkiksi virkistyskäyttö ja energiantuotanto.

Sivukiven läjitystoiminnan päättyminen parantaa kaivospiirin ulkopuolisen lähiympäristön maankäytön olosuhteita, kun maisemallisten haittojen lieventymisen lisäksi myös melu-, värinä- ja ilmanlaatuhaitat vähentyvät merkittävästi.

Vaikutukset yleiseen viihtyvyyteen ja ihmisten terveyteen

Lupahakemuksen mukainen toiminta sijoittuu kokonaisuudessaan kaivosalueen sisäpuolelle. Toiminnassa käytettävät materiaalit eivät sisällä ihmisten terveydelle haitallisia aineita eikä sulkemisessa hyödynnettäviä materiaaleja pääse leviämään esim. vesien tai pölyämisen vaikutuksesta kaivosalueen ulkopuolelle. Kaivosalueen ulkopuolelle ja ihmisten viihtyvyyteen aiheutuva näkyvä vaikutus on lähinnä sivukivialueen parempi sulautuminen maisemaan rajatuilla näkyvyysalueilla. Toiminnasta ei aiheudu sellaisia vaikutuksia tai päästöjä, joilla olisi vaikutusta kaivosalueen ulkopuoliseen yleiseen viihtyvyyteen tai ihmisten terveyteen.

Vaikutukset maisemaan ja kulttuuriympäristöön

Toiminnassa suljetaan ja maisemoidaan osa korkeaa ja myös kaivos-alueen ulkopuolisessa maisemassa näkyvää sivukivialuetta. Yhtiön tuotannon maisemavaikutuksia on selvitetty ennen sivukivialueen täyttämistä YVA-menettelyn yhteydessä vuonna 2017. Maisemavaikutusten arvioinnin mukaan läjitysalue KL2 kohooa korkeimmillaan noin 75 metriä ympäröivää lähimaastoa korkeammalle, mutta näkyy vain hyvin rajoituille alueille, mikä johtuu kaivosaluetta ympäröivän maaston puustisuudesta ja maanpinnan muodoista.

Maisemavaikutusten arvioinnissa tehdyn näkyvyysanalyysin mukaan sivukivialue näkyy Jormasjärven itäiselle ranta-alueelle ja paikoin Vaarankylään, jotka kuuluvat valtakunnallisesti arvokkaaseen maisema-alueeseen Vuokatin vaarajono ja rantakylät. Alueelle sijoittuu myös rakennetun kulttuuriympäristön kohteita. Näkyvyysalueet sijoittuvat noin 8–13 kilometrin etäisyydelle sivukivialueesta, jolloin näkymistä kaukaisessa horisontissa ei voi maisemavaikutusten arvioinnin mukaan pitää maisema-alueen herkkyydestä huolimatta vähäistä merkittävämpänä. Lisäksi sivukivialue tai osia siitä näkyy paikoitellen alueen pohjoispuolisen Hakonen-järven koillisrannan pihapiireiltä Taattolassa sekä noin 3–6 kilometrin etäisyydellä sijaitsevalta Kolmisopelta.

Alueet, joille sivukivialue näkyy, eivät muutu nykyisestä. Sivukivialueen KL2 sopeuttamista ympäröivään vaaramaisemaan pyritään edistämään sen peittämällä ja maisemoinnilla. Peiterakenteen maisemoinnissa käytettävä nurmisiemenseos maisemanurmi 2 soveltuu luonnonmukaisiksi niityiksi sekä luonnonnurmityypisiksi viimeisteltäville alueille ja muodostaa peittävän, kestävän ja niittymäisen kasvipeitteen alueelle. Puiden ja pensaiden istuttamista sivukivialueelle selvitetään. Maisemoinnin valmistuttua maisemavaikutukset lievenevät nykytilanteesta ja hankkeen kokonaisvaikutus maisemaan on myönteinen.

Koska sivukivialue suljetaan vaiheittain, toteutuu maisemallisia vaikutuksia lieventävä vaikutus myös vaiheittain. Sulkeminen ja maisemointi aloitetaan alueen eteläosasta edeten vaiheittain kohti pohjoista. Aluetta lähimmät yksityisten omistamat asuin- ja lomakiinteistöt sijoittuvat sen pohjoispuolelle Hakonen-järven rannalle, minkä vuoksi myönteiset maisemavaikutukset kohdistuvat pihapiireihin vasta alueen sulkemisen loppuvaiheessa 2020-luvun lopulla.

Sivukivialueen sulkemisella ei ole vaikutuksia kulttuuriympäristön arvo-kohteisiin lähialueella. Lähimmäs sivukivialuetta noin 6 km etäisyydelle sijoittuu maantien 870 varren Kainuun puromyllyt: Huovilan turbiinimylly, joka on valtakunnallisesti arvokas kulttuurihistoriallinen kohde Tuhkaky-län kohdalla.

Vaikutukset maa- ja kallioperään

Sivukivialueen KL2 topografia on muuttunut pysyvästi jo pohjarakenteen rakentamisen yhteydessä eikä peittorakenteiden rakentamisella ole vaikutuksia alueen topografiaan muualla kuin toimintaan liittyvien huoltoteiden levennysten ja vesienjohtamisjärjestelmien (rummut, ojat, laskeutusaltaat) kohdalla. Näiltä alueilta poistetaan rakentamisen yhteydessä pintamaat sekä tehdään tarvittaessa massanvaihtoja pehmeiden maa-ainesten alueella (turve, savi, siltti).

Sivukivialueen pohjarakenne on rakennettu tiiviiksi ja peittorakenteen tiivisrakenteena toimiva kalvo liitetään tiiviisti pohjarakenteen tiivisrakenteen kalvoon, joten sivukivialueen sulkeminen ei muuta tilannetta maa-perään aiheutuvien päästöjen osalta. Peittorakenteen materiaalit eivät myöskään sisällä ympäristölle haitallisia aineita. Sivukivialueen KL2 sulkemisella ei arvioida olevan vaikutuksia maa- ja kallioperään.

Vaikutukset pintavesiin

Sivukivialue suljetaan tiiviillä peittorakenteella, joka rajoittaa veden ja hapen pääsyä sivukivitäyttöön. Tämän seurauksena muodostuvien suoto-vesien laatu paranee nykytilanteesta ja suoto-vesien määrä pienenee huomattavasti. Käsittelyä vaativia suoto-vesiä tai pohjarakenteen alapuolisia vesiä ei johdeta pintavesiin käsittelemättä.

Peittorakenteessa tiivisrakenteen yläpuolella käytettävät materiaalit eivät sisällä eikä niistä liukene ympäristölle haitallisia aineita. Peittorakenteen päältä tulevat valumavedet päältä ovat siis puhtaita hulevesiä, ja vesistöön ne voivat aiheuttaa kuormitusta lähinnä veden mukana kulkeutuvan kiintoaineksen kautta. Peittorakenteen yläpuolelta tuleviin valumavesiin voi tulla kiintoainesta erityisesti ennen sivukivialueen kasvilistumista. Valumavedet kuitenkin johdetaan purkuoihin laskeutusaltaiden kautta, jolloin kiintoainekuormitus vähenee merkittävästi.

Sekä suoto-vesiä, pohjarakenteen alapuolisia vesiä, että peittorakenteen päältä tulevia vesiä tarkkaillaan tarkkailuohjelman mukaisesti.

Vaikutukset päästöihin ja vesitaseeseen

Sivukivialueen sulkeminen kokonaisuudessaan vähentää hankealueelta tulevien happamien ja metallipitoisten vesien määrää ja sitä kautta vähentää myös päästöjä pintavesiin käsiteltyjen vesien purkureiteillä.

Sulkeminen vaikuttaa myös yhtiön vesitaseeseen. Kun sivukivialueesta on peitetty 30 ha, merkitsee se noin 15 % vähennystä nykyiseen (vuoden 2023 lopun) KL2-alueen pinta-alaan. Vesitaseeseen tämä tarkoittaisi 180 000 m³ vuosittaista vähennystä perustuen vuoden 2023 toteumaan. Kokonaan peitettynä sivukivivesien suoto-vesimäärä on 0 m³ peittorakenteen ollessa täysin tiivis, jolloin vähennys kokonaisvesitaseeseen on vuoden 2023 toteuman mukaan 1 200 000 m³/a. Peittorakenteen päältä pois johdettava vesi on lähtökohtaisesti puhdasta, joka voidaan ohjata suoraan ympäristöön, eikä sitä siten lasketa vesitaseeseen.

Koko toiminnan sulkemissuunnitelmassa (Ramboll Finland Oy 2021) esitetty vesitase on päivitetty vuoden 2019 mukaan. Vuosisadannalla on erittäin iso vaikutus vesitaseen kehitykselle. KL2 suotovesien osuus (vuonna 2023 n. 1,2 Mm³) sisältyy vuoden 2023 vesitaseen 11,82 Mm³ sade- ja sulamisvedet osaan. Arvioidaan, että vuoteen 2019 perustuva taselaskenta on pääosin ajantasainen, ottaen huomioon v. 2019 olleen vähemmän sateinen kuin v. 2023 tai 2020. KL2-alueen tuotannolla oleva pinta-ala on kuitenkin kasvanut uusien lohkojen myötä.

Vaikutukset pohjavesiin

Sivukivialue KL2 sijoittuu kokonaisuudessaan tiiviiden pohjarakenteiden päälle. Siitä huolimatta sivukivialueen pohjaveden tarkkailuputkissa on todettu mm. tasaisesti nousevia sulfaattipitoisuuksia, sähkönjohtavuuden arvoja sekä ammoniumtypen, raudan ja mangaanin pitoisuuksia, jotka ovat todennäköisesti peräisin myös muusta kaivostoiminnasta.

Lupahakemuksen mukainen toiminta on sivukivialueen peittämistä rajatulla alueella rakenteella, joka ei läpäise vettä tai happea. Toiminnassa käytettävät materiaalit eivät sisällä eikä niistä liukene ympäristölle haitallisia aineita. Sivukivialueen peittäminen vähentää hankealueelta tulevia happamia ja metallipitoisia vesiä ja sitä kautta vähentää päästöjä pohjaveteen. Toiminta ei merkittävästi vaikuta muodostuvien pohjavesien määrään nykytilanteeseen verrattuna.

Kokonaisuudessaan lupahakemuksen mukainen hanke vähentää sivukivialueelta pohjaveteen kohdistuvia päästöjä ja edistää pohjaveden laadun paranemista.

Vaikutukset vesienhoitosuunnitelman tavoitteisiin

EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisen vesienhoidon tavoitteena on estää pintavesien tilan heikkeneminen ja saavuttaa hyvä tila vuoteen 2015 mennessä. Jos tämä ei ole mahdollista, tulisi hyvä tila saavuttaa vuoteen 2021 mennessä tai viimeistään vuonna 2027. Vesienhoito suunnitellaan ja toteutetaan vesienhoitoalueittain. Sivukivialue KL2 sijoittuu Oulujoen–Iijoen vesienhoitoalueelle.

Vesienhoidossa pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila arvioidaan vesimuodostumakohtaisesti. Ympäristövaikutusten arvioinnissa vaatimustenmukaisuus suhteessa lainsäädäntöön arvioidaan jokaisen ekologisen tilan luokitellun laadullisen osatekijän sekä kemiallisen tilan osalta vesimuodostumakohtaisesti. Arvio perustuu Suomen ympäristökeskuksen ohjeeseen Pintavesien luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella suunnittelukaudella (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019).

Oulujoen–lijoen vesienhoitoalue

Sivukivialueen KL2 sulkeminen muuttaa vähäisessä määrin vesienjohtamisreittejä sekä myös virtausolosuhteita Talvijoen ja Tuhkajoen valuma-alueilla nykytilanteesta. Nykytilanteessa sivukivialueella muodostuva pintavalunta ohjataan kahteen DP-altaaseen ja edelleen tuotantoprosessiin tai vedenpuhdistamolle. Sivukiven sijoitustoiminnan päättyessä Talvijoen ja Tuhkajoen valuma-alueiden pinta-ala ja valuntamäärä kasvavat noin 5 % ja 0,4 %, kun sivukivialueelle muodostuva peiterakenteen kalvon yläpuolinen pintavalunta ohjataan luontaiselle purkureitille noin 200 hehtaarin alueelta.

Talvijoen tai Tuhkajoen vedenlaatuun vesien ohjaamisella ei ole heikentäviä vaikutuksia, koska valuma-alueelle ohjattavat valumavedet ovat puhtaita sade- ja sulamisvesiä. Muutoksilla ei arvioida olevan vaikutuksia Talvijoen tai Tuhkajoen tai alapuolisen virtausreitit ekologiseen tai kemialliseen tilaan tai vesienhoidollisiin tilatavoitteisiin.

Talvijokea ei ole tyypitelty vesimuodostumana tai ekologisen tai kemiallisen tilan osalta Oulujoen–lijoen vesienhoitoalueen nyt käynnissä olevalla kolmannella tai aiemmillä vesienhoitokausilla. Talvijoen kokonaispituus on 6,7 km ja valuma-alueen pinta-ala 31 km². Talvijoki laskee Jormasjärven Talvilahteen etelästä. Kaivospiirin vesiä ei nykytilanteessa ohjata Talvijoen suuntaan. Talvijoen vedenlaatua on seurattu osana Terrafamen pintavesitarkkailua vuodesta 2012 lähtien. Talvijoen vesi on pääsääntöisesti hapanta ja runsashumuksista. Sähkönjohtavuus ja sulfaattipitoisuudet ovat olleet alhaisia.

Hankkeen toteuttamisen myötä kaivospiirin toimintojen alueelta tullaan ohjaamaan pintavesiä Talvijokeen. Jokeen ohjattava pintavalunta on puhdasta ja siihen sitoutunut hieno hieta sitä karkeampi kiintoaines pidätty toteutettavaan laskeutusaltaaseen. Hankkeen toteuttamisella ei arvioida olevan vaikutuksia Talvijoen nykytilaan.

Tuhkajoen-Korentojoen vesimuodostuma (59.885_001) kuuluu pintavesityyppiin keskisuuret turvemaiden joet (Kt) ja sen kokonaispituus on 15,4 km ja valuma-alueen pinta-ala 123,5 km². Vesimuodostuma jakautuu Korentojoen, Kalliojoen ja Tuhkajoen jokiosuuksiin ja laskee Jormasjärven Talvilahteen. Terrafamen toiminnasta aiheutuvien purkuvesien kuormitus kohdistuu Kalliojoen alaosaan ja Tuhkajokeen. Tuhkajoen-Korentojoen ekologinen tila on arvioitu vesienhoidon kolmannella suunnittelukaudella tyydyttäväksi. Biologisen ja fysikaalis-kemiallisen osatekijän tila on arvioitu hyväksi ja hydrologis-morfologisen osatekijän tila tyydyttäväksi. Vesienhoitosuunnitelman mukaan nykytilassakaan hyvää tilaa ei arvioida saavutettavan vuoteen 2027 mennessä vesimuodostuman nykyisten paineiden vuoksi.

Hankkeen toteuttamisella ei arvioida olevan vaikutuksia Tuhkajoen–Korentojoen nykytilaan. Jokeen ohjattava pintavalunta on puhdasta ja siihen sitoutunut hieno hieta sitä karkeampi kiintoaines pidätty toteutetta-

viin kahteen laskeutusaltaaseen. Kokonaisuudessaan Tuhkajoki–Koren-tojoki-vesimuodostumaan kohdistuvien paineiden sekä vesimuodostuman ekologisen tilan arvioidaan pysyvän ennallaan.

Jormasjärven vesimuodostuma (59.882.1.001_001) kuuluu pintavesityyppiin keskikokoiset humusjärvet (Kh) ja sen pinta-ala on 2 063 ha ja valuma-alue 299 km². Terrafamen toiminnasta aiheutuvaa kuormitusta kohdistuu Jormasjärveen. Jormasjärven ekologinen tila on kokonaisuudessaan arvioitu hyväksi vesienhoidon kolmannella suunnittelukaudella. Tilan on arvioitu säilyneen ennallaan ensimmäiseen ja toiseen suunnittelukauteen verrattuna. Ekologisen tilan arvioidaan kokonaisuudessaan pysyvän ennallaan luokitteluun vaikuttavien osatekijöiden osalta. Jormasjärven saavutettu hyvä ekologinen tilatavoite ei vaarannu sivukivialueen KL2 sulkemisen seurauksena.

Jormasjoki (59.881_001) kuuluu pintavesityyppiin keski-suuret turvemaiden joet (Kt). Joen kokonaispituus on 5,8 km ja valuma-alueen koko on 310 km². Terrafamen toiminnasta aiheutuvaa kuormitusta kohdistuu Jormasjokeen. Jormasjoen ekologinen tila on kokonaisuudessaan arvioitu hyväksi vesienhoidon kolmannella suunnittelukaudella. Tilan on arvioitu säilyneen ennallaan ensimmäiseen ja toiseen suunnittelukauteen verrattuna. Ekologisen tilan arvioidaan kokonaisuudessaan pysyvän ennallaan luokitteluun vaikuttavien osatekijöiden osalta. Jormasjoen saavutettu hyvä ekologinen tilatavoite ei vaarannu sivukivialueen KL2 sulkemisen seurauksena.

Rehja-Nuasjärvi (59.811.1.001_001) kuuluu pintavesityyppiin suuret humusjärvet (Sh). Järven pinta-ala on 9 601 ha ja valuma-alueen pinta-ala 7 475 km². Terrafamen toiminnasta aiheutuvaa kuormitusta kohdistuu Rehja-Nuasjärveen Nuasjärven purkuputken sekä Jormasjoen kautta. Tilan on arvioitu säilyneen ennallaan ensimmäiseen ja toiseen suunnittelukauteen verrattuna. Ekologisen tilan arvioidaan kokonaisuudessaan pysyvän ennallaan luokitteluun vaikuttavien osatekijöiden osalta. Rehja-Nuasjärven saavutettu hyvä ekologinen tilatavoite ei vaarannu sivukivialueen KL2 sulkemisen seurauksena.

Vaikutukset luontoon ja suojeluarvoihin

Koska hankkeessa suljetaan nykyisin käytössä oleva sivukivialue, ei hanke aiheuta merkittäviä haitallisia vaikutuksia luontoon ja suojeluarvoihin. Sivukivialueen sulkemisessa hyödynnettävät materiaalit eivät sisällä ympäristölle haitallisia tai vaarallisia aineita eikä toiminnassa käytettäviä materiaaleja pääse leviämään ympäristöön tai lähimmille suojeluarueille.

Sulkemisen ja peittorakenteen rakentamisen ja maisemoinnin myötä sivukivialue palautuu lähemmäs luonnonmukaista tilaa, jolla on myönteinen vaikutus luonnonympäristön kannalta nykytilanteeseen verrattuna. Maisemoitu sivukivialue voi tarjota uuden elinpiirin niin kasveille, eläimille, linnuille kuin hyönteisillekin. Maisemoinnin päätyttyä kasvillisuutta ja eläimistöä haittaavaa pölyämistä tai melua ei enää aiheudu.

Alueen luontoarvot on pääosin menetetty sivukivialueen toteuttamisen myötä. Lähin merkittävä luontokohde on sivukivialueen keskiosan tuntu-maan sijoittuva rotkokehräjäkälän esiintymä Pirttikallion kohdalla. Rotkokehräjäkälän rauhoitusalue jää nykyiselleen eikä sivukivialueen sulke-misella ole vaikutuksia rauhoitusalueeseen.

Rotkokehräjäkälä on huomioitu sulkemissuunnittelussa siten, että sulke-mistoimenpiteet suoritetaan niin, että vaikutus rotkokehräjäkälän esiinty-misalueelle olisivat hyvin vähäiset. Vaiheittain sulkeminen aloitetaan vastakkaiselta puolelta sivukivialuetta, jolloin peittorakenteen toteutusta-vat työvaiheineen sekä toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentä-miseksi ovat todennäköisesti jo vakiintuneet.

Rotkokehräjäkälän osalta on käynnissä erillinen siirtoistutuskokeilu, jonka yhteydessä nykyisen rauhoitusalueen tulevaisuus tarkentuu. Rotkokehräjäkälän siirtoistutuksen onnistumista seurataan säännöllisesti. Ensimmäinen seurantakäynti siirtokohteella tehtiin lokakuun alussa 2023. Seuraava tarkastus on syksyllä 2024. Seuranta tehdään vähin-tään vuoteen 2028 asti, minkä jälkeen arvioidaan, onko seuranta tar-vetta jatkaa edelleen.

Meluvaikutukset

Lupahakemuksen mukainen toiminta on maanrakennustoimintaa, jossa käytetään normaaleja maanrakennustoiminnassa yleisesti käytettäviä koneita ja laitteita, kuten kaivinkoneita, kuorma-autoja ja jyriä. Siten toi-minnasta aiheutuva melu on normaalia maanrakennuskoneista ja lait-teista aiheutuvaa melua. Koska toiminta tapahtuu sivukivialueen päällä, on mahdollista, että toiminnasta aiheutuva melu leviää alueen lähiympä-ristöön.

Lähtökohtaisesti lupahakemuksen mukaisesta toiminnasta aiheutuva melu on lievempää kuin sivukivialueen nykyisestä toiminnasta (täyttötoi-minnasta) aiheutuva melu. Sivukivialueen sulkemisessa ei aiheudu esi-merkiksi kiviaineskuormien purkamisesta aiheutuvia hetkellisiä, kovia ääniä eikä työkoneiden ja -laitteiden aiheuttama melu ole impulssi-maista tai kapeakaistaista. Myös peittorakenteen maanrakennustöissä käytettävä kalusto on todennäköisesti kooltaan pienempää kuin sivuki-vialueen toiminnan aikainen kalusto.

Lisäksi lupahakemuksen mukainen toiminta on tilapäistä. Kun peittora-kenne on valmis, ei nykyisenkaltaista melua tai peittorakenteen rakenta-misesta aiheutuvaa melua enää aiheudu sivukivialueelta. Yhtiön muista toiminnoista aiheutuvaan meluun lupahakemuksen mukainen toiminta ei vaikuta.

Lupahakemuksen mukaisen toiminnan meluvaikutuksia voidaan pitää vähäisinä verrattuna sivukivialueen toiminnasta nykyisin aiheutuvaan meluun. Toiminnan meluvaikutukset ovat myös väliaikaisia eikä niiden siksi arvioida merkittävästi nostavan melutasoja toiminnan ympäristössä nykytilanteeseen verrattuna.

Tärinävaikutukset

Toiminnasta aiheutuva tärinä on normaalia maanrakennuskoneista ja laitteista aiheutuvaa lievää tärinää. Toiminnasta aiheutuva tärinä ei etene sivukivessä siten, että sen olisi mahdollista levitä laajalle sivukivialueen ympäristöön. Tärinä ei myöskään ole niin merkittävää, että sillä voisi olla vaikutusta sivukivialueen tai muiden kaivosalueen rakenteiden stabiiliteettiin.

Lupahakemuksen mukaisen toiminnan tärinävaikutuksia voidaan pitää vähäisinä verrattuna sivukivialueen toiminnan nykyisiin vaikutuksiin. Toiminnan tärinävaikutukset ovat myös väliaikaisia, koska tärinää ei enää aiheudu peittorakenteen valmistumisen jälkeen.

Vaikutukset ilmanlaatuun

Lupahakemuksen mukaisesta toiminnasta ei aiheudu sellaisia päästöjä, joilla olisi merkittävää vaikutusta kaivosalueen ilmanlaatuun tai ilmastoon.

Maa- ja kiviainekset kuljetetaan tavanomaisilla maansiirtoautoilla hyödyntäen kaivospiirin alueella olevia olemassa olevia kulkuyhteyksiä. Sivukivialueen KL2 päälle kuljetaan rakennettuja huoltoramppeja pitkin. Tarkemmat kulkureitit ja käytettävät ajoneuvot selviävät peittorakennusvaiheittain yksityiskohtaisemman suunnittelun yhteydessä. Kuljettaminen tapahtuu Terrafamen tuotantoalueella ja kuljetusten pölypäästöt eivät merkittävästi poikkea tuotantotoiminnassa aiheutuvista pölyvaikutuksista.

Terrafame on kuvannut nykyiset käytännön toimenpiteet pölypäästöjen hallitsemiseksi sekä suunnitelmat jatkotoimenpiteistä ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksen 87/2022 määräyksen 46 mukaisesti päivitetystä hajapölypäästöjen hallintasuunnitelmassa. Suunnitelmaa ylläpidetään vähintään vuosittain. Suunnitelman olennainen sisältö sivukivialueen KL2 osalta on esitetty edempänä tämän päätöksen kertoelmaosassa kohdassa ”Ilmanlaatu ja päästöt ilmaan”.

Tiestön pölyntorjuntatoimet koskevat Terrafamen kaikkia tuotantoalueita, myös suljettavia alueita. Tuotantoalueen ajotiet ovat pääosin päällystämättömiä. Pölyämisen estämiseksi teitä kastellaan niillä paikoilla, joissa liikennöidään tai pölyämistä havaitaan, huhtikuusta lokakuuhun kasteluautojen avulla vuorokauden ympäri. Talvella vedellä kastelu on liukkauden vuoksi turvallisuusriski. Kovilla pakkasilla alkutalvesta, kun ilma on erittäin kuivaa ja lunta vielä vähän, saattaa käytettävillä tieosuuksilla syntyä pölyämistä. Lumipeitteisenä aikana pölyäminen vähenee merkittävästi. Yhtiö on ottanut toukokuussa 2024 kokeiluun kaksi pölyntorjuntakemikaalia alkutalven ja kevätkausien ajaksi.

Suljettavien tuotanto- ja jätealueiden pölyämistä tarkkaillaan osana velvoitetarkkailuohjelmaa jatkuvatoimisella laskeumatarkkailulla sekä ais-

tinvaraisesti. Poikkeavasta pölyämisestä raportoidaan osana käyttötarkkailua. Infra- ja maanrakennusurakoiden yhteydessä työmaakohtainen urakoitsija velvoitetaan huolehtimaan erikseen alueen pölynsidonasta Terrafamen ohjeistuksen mukaisesti. Urakoitsija sekä Terrafamen yhteishenkilö valvovat tilannetta ja huolehtivat yhdessä riittävästä pölyn-
torjunnasta. Urakoitsija pitää työmaasta käyttöpäiväkirjaa, johon merkitään mm. toiminta-ajat, havainnot melusta, pölystä, kastelutoimenpiteistä. Osana ympäristötarkkailua yhtiö tarkkailee lisäksi voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaisesti jatkuvatoimisesti leijumaa (ilman laatu) Hakosen itärannan kiinteistöllä. Urakoitsijat saavat tuotanto- ja EHSQ-osastojen lisäksi jatkuvatoimisen mittauksen tulokset käyttöönsä ja hälytykset mahdollisista poikkeavista pitoisuuksista.

KL2 sivukivialueen sulkemiseen tarvittavien maamassojen ajo voidaan tarvittaessa ajoittaa pääosin tehtäväksi vain niinä ajanjaksoina, kun tien kastelu on mahdollista, tai esim. lumipeite estää pölyämisen. Tästä syystä kuljetuksista aiheutuvan pölyämisen ei arvioida muodostuvan merkittäväksi.

Maanrakennustöistä aiheutuu pölyämistä peittorakenteen rakentamisen aikana. Maanrakennuskoneista ja -laitteista syntyy lisäksi pakokaasupäästöjä. Kun peittorakenne on valmis, ei nykyisenkaltaista toiminnan aikaista tai peittorakenteen rakentamisesta aiheutuvaa pölyämistä ja pakokaasupäästöjä enää aiheudu. Peittorakenteessa käytettävät materiaalit eivät ole biologisesti hajoavia eikä niistä purkaudu kaasuja. Lupahakemuksen mukaisen toiminnan vaikutuksia ilmanlaatuun voidaan pitää vähäisinä verrattuna sivukivialueen toiminnan nykyisiin vaikutuksiin. Lupahakemuksen mukainen toiminta on lisäksi tilapäistä.

Vaikutukset liikenteeseen

Lupahakemuksen mukainen toiminta lisää jonkin verran kaivosalueen sisäistä työmaaliikennettä, mutta vaikutus ei ole merkittävä huomioiden koko alueen liikennemäärät. Toiminnan aiheuttama liikenne on pääasiassa raskasta liikennettä, joka koostuu rakennusmateriaalien tuomisesta alueelle. Materiaalien mahdollista sekoitusta varten sivukivialueelle tuodaan oma sekoitusasema, jolloin valmista, peittorakenteessa hyödynnettävää materiaalia kuljetetaan vain lyhyitä matkoja alueen sisäisiä työmaateitä pitkin. Lupahakemuksen mukaisen toiminnan vaikutus kaivosalueen ulkopuoliseen liikenteeseen ei ole merkittävä.

YMPÄRISTÖRISKIT JA NIIHIN VARAUTUMINEN

Terrafame Oy on päivittänyt koko kaivostoimintaa koskevan ympäristöriskinarvionsa loppuvuonna 2023. Tämän lisäksi Terrafame on laatinut myös sivukivialueen KL2 peittorakenteen ensimmäisen rakennusvaiheen toteutusta koskevan EHS-riskinarvioinnin. Nämä riskinarvioinnit on esitetty hakemuksen liitteenä 21.

Sivukivialueen sulkemiseen liittyvät merkittävimmät ympäristöriskit ja niihin varautuminen on kuvattu hakemuksen liitteessä 9. Ympäristöriskeissä on huomioitu sivukivialueen suotovesien johtaminen toiminnan aikana suotovesialtaisiin ja sieltä käsittelyyn tai prosessikiertoon niin kauan kuin se tarkkailutulosten perusteella on tarpeellista.

Sivukivialueeseen KL2 liittyviä ympäristöriskejä on arvioitu myös muissa yhteyksissä. Sivukivialueen KL2 ympäristölupahakemuksessa (Ramboll Finland Oy 2016) on tunnistettu sivukivialueeseen liittyen alustaviksi ympäristöriskeiksi:

- pohjan tiivisrakenteen vuodot
- DP4- ja DP5 -altaiden vuodot
- putkilinjojen vuodot
- veden pumppauksen pysähtyminen (syinä esim. sähkökatko, laiterikko)
- öljyvuodot työkoneista
- poikkeukselliset sääolosuhteet
- sivukivitäytön vyörymien hallinnan pettäminen
- inhimillinen virhe
 - o huolimaton työskentely rakennusvaiheessa
 - o veden pumppaus väärään suuntaan
 - o pohjarakenteen tai putkilinjan vuotoa ei huomata tarkastuskierroksella
 - o työkoneiden kuljettajien ajovirheet, joiden seurauksena putkilinja tai allas vaurioituu

Sivukivialueen KL2 ympäristölupahakemuksessa (Ramboll Finland Oy 2016) esitetyt ympäristöriskit ja niiden minimointi on esitetty sivukivialueen KL2 sulkemiseen liittyvässä ympäristöriskinarvioinnissa sulkemisen jälkeinen tilanne huomioiden.

Sivukivialueisiin liittyviä riskejä on tarkasteltu myös Terrafamen koko kaivostoimintaa koskevassa riskinarviossa. Riskiluokituksestaan merkittävänä jäännösriskinä on pidetty sivukivialueiden suotovesien vuotamista ympäristöön esimerkiksi DP-altailta, putkilinjoista tai kanaaleista. Tällainen tapahtuma olisi seuraamuksiltaan vakava ja todennäköisyydeltään mahdollinen. Riskitapahtumaan voivat johtaa äärimmäiset luonnonilmiöt, laiterikot, putkirikot ja/tai kasaolosuhteiden muutokset. Riskiä hallitaan vesitasemallin säännöllisellä päivittämisellä, äärisääilmiöihin varautumisella, seurannalla, tarkkailulla, ennakoivilla huoltotoimenpiteillä ja kanaalien reunojen korottamisella. Ympäristöriskinarviossa on nostettu esiin, että sivukivialueiden sulkeminen vaiheittain pienentää riskiä. Ympäristöriskinarviossa on todettu, että sulkemisen jälkeiset mahdolliset ympäristövaikutukset liittyvät haitta-aineiden kulkeutumiseen maaperään, pohjaveteen tai lähialueen vesistöihin. Riskin minimoimiseksi sulkemisen yksityiskohtaiset suunnitelmat tulee laatia riskiarvioperusteisesti. Kaikki toiminnot kattava sulkemissuunnitelma valmistuu vuoden 2024 loppuun mennessä ja sen jatkuvaksi täydentämiseksi ja ylläpitämiseksi luodaan toimiva prosessi. Terrafamen koko kaivostoimintaa koskevassa riskinarviossa esiin nostetut, sivukivialuetta KL2

koskevat ympäristöriskit on huomioitu osana lupahakemuksen liitteenä olevaa ympäristöriskinarviointia.

Seuraavassa taulukossa kuvattu sivukivialueen KL2 sulkemista koskeva ympäristöriskinarviointi koskee juuri sivukivialueen sulkemisen jälkeistä tilannetta, joten mahdolliset pienet muutokset verrattuna aiempiin sivukivialueelle KL2 tehtyihin ympäristöriskinarvioihin liittyvät siihen tilanteeseen, missä ympäristöriskejä tarkastellaan. Esimerkiksi sivukivialueen KL2 ympäristölupahakemuksessa (Ramboll Finland Oy 2016) painopiste ympäristöriskinarvioinnissa on ollut toiminnan aikaisissa riskeissä. Myös Terrafamen koko kaivostoimintaa koskevassa ympäristöriskinarvioinnissa osa riskeistä liittyy sivukivialueen toiminnan aikaisiin riskeihin.

Terrafame on laatinut myös sivukivialueen KL2 peittorakenteen ensimmäisen rakennusvaiheen toteutusta koskevan EHS-riskinarvioinnin. Riskinarvioinnissa on esitetty peittorakenteen toteutukseen liittyvät, tunnistetut turvallisuus- ja ympäristöriskit, joille on arvioitu riskin todennäköisyyden ja seurausten perusteella riskiluvut, joiden perusteella riskit eivät ole merkittävän luokan riskejä. Riskeihin varautuminen on myös esitetty. Toteutusta koskevassa riskinarvioinnissa esitetyt ympäristöriskit on huomioitu myös sulkemista koskevassa ympäristöriskinarvioinnissa rakentamisen aikaisina riskeinä.

Sulkemissuunnitelmassa on nostettu esiin millaisia riskejä sivukivialueiden sulkemiseen voi liittyä ja millaisia lisäselvityksiä BAT-ohjeiden avulla sivukivialueiden sulkemiseen liittyen on tarpeen tehdä tarkemman sulkemissuunnittelun yhteydessä. Näihin riskeihin on otettu kantaa sivukivialueen KL2 sulkemissuunnittelussa ja erityisesti osana BAT-arviointia.

Ympäristöriskinarviointi

Riski	Riskin kuvaus	Varautuminen
Pohjan tiivisrakenteen vuoto	Sivukivialueen pohjan tiivisrakenteena toimivaan kalvoon voi huolellisesta työskentelystä huolimatta vaurioitua rakentamisen ja toiminnan aikana. Reikien kautta sivukivialueen suotovettä voi kulkeutua pohjarakenteen alapuolisiin täyttöihin ja edelleen maaperään. Mahdolliset yksittäiset vuodot jäävät suuruudeltaan todennäköisesti melko pieniksi aiheuttaen vain haja-kuormitusta sivukivialueen lähistölle. Suuremmat vuodot purkautuisivat pohjarakenteen alapuolisia lou-	Tiivisrakenteen vaurioitumisriskiä on ehkäisty asentamalla bentoniittimatto HDPE-kalvon alle ja suojageotekstiili kalvon päälle sekä noudattamalla pohjarakenteiden rakentamisessa huolellista työskentelytapaa ja laadunvalvontaa.
		Pohjarakenteen alapuolisten vesien määrää ja laatua seurataan tarkkailuohjelman mukaisesti, joten mahdolliset vuodot havaitaan ajoissa.
		Pirttipuron ja Kivipuron vesien laatua tarkkailaan tarkkailuohjelman mukaisesti sekä lisäksi hyvin tiheästi osana yhtiön omaa ympäristötarkkailua.
		Mahdollisten vuotojen tapahtuessa voidaan tehdä alueella suojapumpkauksia.

	hesalaojia pitkin pohjarakenteen ulkopuolelle ja mahdollisesti puhtaiden vesien ojia pitkin kohti Pirttipuroa tai Kivipuroa.	Tiiviillä peittorakenteella suljetulta sivukivialueelta tulevien suotovesien määrä vähenee merkittävästi (jopa loppuu kokonaan) ja suoto-vesien laatu paranee, joten sulkemisen jälkeen tapahtuvat pohjan tiivisrakenteen vuodot aiheuttavat määrällisesti ja laadullisesti vähäisempiä ympäristöriskejä kuin ennen sivukivialueen sulkemista.
Suotovesialtaiden vuodot	Suotovesialtaiden DP4 tai DP5 tiivisrakenteiden vaurioitumisesta seuraa altaisiin kertyneen suoto-veden vuotaminen kohti Kivipuroa tai Pirttipuroa.	Altaiden pohjalla on kaksinkertainen kalvora-kenne ja kalvojen välissä on vesienkeruuput-kistot, joiden avulla mahdolliset vuodot havai-taan nopeasti. Vuodon havaitsemisen jälkeen päällimmäinen kalvo korjataan viipymättä.
		Vuotojen havaitsemiseksi Pirttipuron ja Kivipu-ron vesien laatua tarkkaillaan tarkkailuohjel-man mukaisesti sekä lisäksi osana yhtiön omaa ympäristötarkkailua.
		Tiiviillä peittorakenteella suljetulta sivukivialu-eelta tulevien suotovesien määrä vähenee ja laatu paranee, joten sulkemisen jälkeen tapah-tuvat suotovesialtaiden vuodot aiheuttavat määrällisesti ja laadullisesti vähäisempiä ym-päristöriskejä kuin ennen sivukivialueen sulke-mista.
Putkilinjojen/venttiilien vuodot	Suotovesialtailta altaalle MP1 kulke-vat putkilinjat tai venttiilit vaurioitu-vat esimerkiksi kaivutöiden takia. Vuodon seurauksena hapanta, me-tallipitoista suotovettä vuotaa ympä-ristöön ja aiheuttaa sulfaatti- ja me-tallipitoisuuksien nousua lähim-issä uomissa.	Paine putkilinjoissa on pieni, mikä pienentää vuororiskiä. Virtaamaa ja pumppujen toimintaa seurataan säännöllisesti mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi.
		Paineellisen putken vuoto on yleensä helposti havaittavissa myös maanpinnalta ja se voi-daan havaita nopeasti päivittäisillä tarkastus-kierroksilla.
		Vuodon havaitsemisen jälkeen pumppaus py-säytetään välittömästi. Kaivosalueella pidetään putkien korjaamiseen tarvittavia välineitä jatku-vasti saatavilla ja havaitut vauriot korjataan vii-pymättä.
Pumppaus suotovesial-taista eteenpäin pysähtyy	Suotoveden pumppaus altaista DP4 ja DP5 pysähtyy esimerkiksi sähkökatkon tai pumpun rikkoutu-misen seurauksena. Mikäli pump-pauskatko pitkittyy ja altaisiin kertyy paljon vettä esimerkiksi voimak-kaan sateen seurauksena, voivat altaat tulvia yli.	Suotovesialtaat on mitoitettu siten, että altai-den täyttyminen ilman poispumppausta kestää noin 3–5 vuorokautta kerran 100 vuodessa toistuvassa mitoitussadetilanteessa, mikäli ve-denpinta altaissa on alle yhden metrin korkeu-della altaan pohjasta sateen alkaessa. Näin pitkään kestävänsä sähkökatkon ja yhtäaikaisen voimakkaan sateen esiintyminen on epätoden-näköistä ja pumpuille ehditään järjestää vara-voimaa ennen altaiden täyttymistä.

		Kaivosalueella on jatkuvasti saatavilla varaosia sekä korvaavia pumppuja rikkoutumisen varalta sekä aggregaatteja ja varavoimakoneita energiantuotantoon poikkeustilanteissa. Tiiviillä peittorakenteella suljetulta sivukivialueelta tulevien suotovesien määrä vähenee ja laatu paranee, joten sulkemisen jälkeen tapahtuvat suotovesialtaiden vuodot aiheuttavat määrällisesti ja laadullisesti vähäisempiä ympäristöriskejä kuin ennen sivukivialueen sulkemista.
Pumppaus altaasta MP1 pysähtyy	Suotovesialtaista DP4 ja DP5 vedet pumpataan MP1-altaaseen. Mikäli pumppaus MP1-altaasta pysähtyy pitkäksi aikaa ja pumppaukset altaista DP4 ja DP5 ovat käynnissä, on riskinä MP1altaan tulviminen yli.	Mikäli pumppaus altaasta MP1 pysähtyy, havaitaan vika prosessinohjausjärjestelmässä ja automaatiojärjestelmän ohjaukset pysäyttävät pumppaukset altailta DP4 ja DP5 ennen kuin MP1-allas täyttyy. Liuoksen virtaaminen MP1-altaasta takaisin DP5-altaaseen ei ole poikkeustilanteessakaan mahdollista, koska tuloputken pää MP1-altaassa asennetaan altaan ylävesipinnan yläpuolelle.
Öljyvuodot työkoneista ja kuljetusautoista	Öljyvuodot sivukivialueella työskentelevistä työkoneista ja kuljetusautoista ovat mahdollisia esimerkiksi laiterikkojen tai onnettomuuksien seurauksena. Öljyvuodon seurauksena vuotokohdan maa- tai kiviaines pilaantuu paikallisesti.	Pilaantunut aines voidaan helposti poistaa kaimamalla ja toimittaa asianmukaiset luvat omaavaan käsittelypaikkaan. Öljyvuotojen päätyminen sivukivialueen ulkopuolelle on epätodennäköistä, koska mahdollisesti vuotavat öljymäärät ovat verrattain pieniä. Tarvittaessa laskeutusaltaisiin päätyvät öljyjäämät voidaan poistaa altaiden pinnalta esimerkiksi imuautolla.
Suljetun sivukivialueen stabiiliteetin pettäminen	Suljetun sivukivialueen stabiiliteetti pettää ja se aiheuttaa peittorakenteeseen laajempia vaurioita.	Riskin todennäköisyys on erittäin pieni. Sivukivialue on perustettu kallionpinnan tai louhetäytön varaan, joten liukupintojen syntymisen riskiä pohjamaan kautta ei ole. Sivukivialueen luiskastabiiliteetti ja kokonaisstabiiliteetti on tarkasteltu osana sivukivialueen ja sen sulkemisen suunnittelua, ja vakavuus on todettu laskelmien perusteella riittäväksi suunnitelluilla rakenteilla. Peittorakenteen luiskissa varmistetaan suojageotekstiilin, kalvon ja salaojamatton rajapintojen kitkan riittävyys ennen rakentamista. Sivukivialueen mahdollisia muodonmuutoksia seurataan tarkastuskäynneillä ja satelliittiperustaisella seurannalla. Mahdolliset vauriot peittorakenteeseen korjataan tarvittaessa.

Sivukivitäytön paikalliset sortumat	Sivukivitäyttö sortuu ja aiheuttaa vaurioita peittorakenteeseen.	Riskin todennäköisyys on pieni. Sivukivitäyttö kiilataan ennen peittorakenteen rakentamista. Sivukiven läjittämisen ja peittorakenteen rakentamisen välillä on kulunut sen verran aikaa, että täyttö on ehtinyt asettua paikalleen mm. liikennekuormituksen seurauksena. Lisäksi sivukivitäyttö on louhetta eikä se painu merkittävästi sulkemisen jälkeen.
		Jos paikallinen sivukivitäytön sortuma aiheuttaa peittorakenteen vaurioitumisen, ei suotoveisiä pääse käsittelemättömänä ympäristöön.
Sivukivitäytön lämmöntuotto heikentää LLDPE-kalvon ominaisuuksia	Sivukivitäytön sulfidihapetuksen seurauksena sivukivitäytön lämmöntila nousisi niin, että se heikentäisi tiivisrakenteena toimivan LLDPE-kalvon ominaisuuksia ja lyhentää käyttöikää.	Riskin todennäköisyys on erittäin pieni. Sivukivitäytössä ei ole havaittu merkittävää lämpenemistä ja sulkemisen jälkeisessä tilanteessa hapenkulkeutumisen estyttyä sivukivitäyttöön lämmöntuotannon mahdollisuus vähenee merkittävästi entisestään.
Pakkasesta ja roudasta johtuvat vauriot peittorakenteessa	Pakkanen ja routa vaurioittaa peittorakenteen tiivisrakenteena toimivaa LLDPE-kalvoa siten, että sen ominaisuudet heikkenevät.	Riskin todennäköisyys on erittäin pieni, sillä jäätymis-sulamissykliä ei tiedetä vaikuttavan merkittävässä määrin LLDPE-kalvon tiiveysominaisuuksiin. Lisäksi LLDPE-kalvon päällä on 700 mm rakennekerroksia ja talvella myös lumipeite, joten tehtyjen havaintojen perusteella routa ei ulotu ainakaan vuosittain kalvoon asti.
Juuriston aiheuttamat vauriot peittorakenteessa	Suljetulla sivukivialueella kasvavan kasvillisuuden juuret aiheuttavat vaurioita erityisesti peittorakenteen tiivisrakenteena toimivaan LLDPE-kalvoon.	Riskin todennäköisyys on pieni, sillä LLDPE-kalvo ei ole herkkä juuriston aiheuttamille vaurioille. Lisäksi peittorakenteen pintamaakerros on suunniteltu sen verran ohueksi ja niukkara-vinteiseksi, että se suosii matalajuuristen kasvien kasvua. Kasvittaminen tehdään myös matalajuurisilla kasveilla. Tarvittaessa puustoa poistetaan määrävälein.
Sivukivitäytön paikalliset sortumat	Sivukivitäyttö sortuu ja aiheuttaa vaurioita peittorakenteeseen.	Riskin todennäköisyys on pieni. Sivukivitäyttö kiilataan ennen peittorakenteen rakentamista. Sivukiven läjittämisen ja peittorakenteen rakentamisen välillä on kulunut sen verran aikaa, että täyttö on ehtinyt asettua paikalleen mm. liikennekuormituksen seurauksena. Lisäksi sivukivitäyttö on louhetta eikä se painu merkittävästi sulkemisen jälkeen. Jos paikallinen sivukivitäytön sortuma aiheuttaa peittorakenteen vaurioitumisen, ei suotoveisiä pääse käsittelemättömänä ympäristöön.

Ihmistoiminnasta johtuvat vauriot peittorakenteessa	Ihmistoiminnan seurauksena peittorakenne ja erityisesti sen tiivisrakenteena käytettävä LLDPE-kalvo vaurioituu (jälkikäytön tai vandalismin seurauksena).	Riskin todennäköisyys on pieni. Jälkikäyttö suunnitellaan siten, että riskiä peittorakenteen vaurioitumiselle ei ole. Kaivoksen ollessa toiminnassa sivullisten toimintaa alueella seurataan, joten vandalismia ei todennäköisesti pääse tapahtumaan. Kaivoksen toiminnan loputtua on pieni riski vandalismille samalla tavalla kuin muillakin vastaavilla alueilla.
		Jos peittorakenne vaurioituu siten, että suotovesien määrä lisääntyy ja laatu heikkenee, ei suotovesiä päädy kuitenkaan käsittelemättömänä ympäristöön, ellei vandalismi kohdistu vesienjohtamisjärjestelyihin. Todennäköisyys tähän on pieni.
Kalvon ominaisuuksien heikkeneminen ajan kuluessa	Peittorakenteen tiivisrakenteena käytettävän LLDPE-kalvon tiiveysominaisuudet heikkenevät ajan kuluessa: hapettumisen aiheuttamia vaurioita alkaa tapahtua noin 450–1300 vuoden kuluttua (arvio 20 °C:n lämpötilassa).	Riski ominaisuuksien heikkenemiselle on todennäköinen pitkän ajan kuluessa. Se ei kuitenkaan suoraan aiheuta vaikutuksia, mutta voi johtaa suotovesien määrän lisääntymiseen ja siten vesienkäsittelytarpeen kasvamiseen. Kuusilammen louhoksen toiminnan päätyttyä suotovedet johdetaan louhosjärveen tai itäpuolen DP4-altaalle päätyvät suotovedet käsitellään passiivisilla vesienkäsittelymenetelmillä niin, että ne voidaan johtaa ympäristöön. Käsittelemättömiä suotovesiä ei johdu ympäristöön, vaikka kalvon ominaisuuksien heikentymisen takia suotovesien määrä lisääntyisi ja laatu heikkenisi. Peittorakenteessa myös muut rakennekerrokset vaikuttavat hapen ja veden pääsyyn sivukivitäyttöön.
Suunniteltujen passiivisten vesienkäsittelymenetelmien toimimattomuus	Sivukivialueen DP4-altaalle kertyvät suotovedet käsitellään passiivisilla menetelmillä, jotka eivät havaintojen perusteella toimi.	Riskin todennäköisyys on erittäin pieni, sillä ennen passiivisten vesienkäsittelymenetelmien käyttöönottoa niiden toimiminen varmistetaan mahdollisimman hyvin ja niiden toimintaa seurataan toimivuuden varmistamiseksi. Jos passiiviset vesienkäsittelymenetelmät havaitaan toimimattomiksi, Terrafame tarvittaessa suuntaa DP4altaalta painovoimaisen reitin sivukivikasan ali Kuusilammen avolouhokseen.
Louhosjärven ylivuotoveden laatu edellyttäisi käsittelyä, mutta vesienkäsittely ei toimi suunnitellusti	Sivukivialueen mahdolliset suotovedet johdetaan Kuusilammen louhosjärveen. Louhosjärven vesienkäsittelymenetelmät eivät toimi suunnitellusti ja hapanta vettä pääsee ympäristöön.	Riskin todennäköisyys on erittäin pieni. Louhosjärven vesienkäsittelymenetelmät suunnitellaan avolouhoksen sulkemisen yhteydessä siten, että siinä huomioidaan myös mahdolliset ympäristöriskit ja miten niihin varaudutaan ympäristövaikutusten minimoimiseksi.

Poikkeukselliset sääolosuhteet	Poikkeuksellisten rankkasateiden takia DP4- ja DP5-altaat tulvivat.	DP4- ja DP5-altaat on mitoitettu siten, että altaiden DP4 ja DP5 kapasiteetti riittää kerran 10 vuodessa toistuvan sateen vesimäärän varastointiin ilman veden pumppaamista pois altaista sadejakson aikana. Kerran 100 vuodessa toistuvan sateen aikana altaat tulvivat, mikäli vettä ei pumpata pois altaista. Allas DP4 täyttyy noin 80–90 tunnissa sateen alkamisesta ja allas DP5 noin 100–120 tunnissa ilman pumppausta. Maksimitulovirtaama mitoitussateen aikana altaaseen DP4 on 570 l/s ja altaaseen DP5 280 l/s.
	Vaurioituneen kalvon läpi suotautuu poikkeuksellisten rankkasateiden takia huomattavasti tavallista enemmän vettä.	Suotoveden määrän kasvaessa suotoveden pitoisuudet pienenevät. Altaiden kapasiteetti suotovesien määrälle riittää yllä olevan tarkastelun mukaisesti. Kuusilammen louhoksen toiminnan päätyttyä suotovedet johdetaan louhosjärveen tai itäpuolen DP4-altaalle päätyvät suotovedet käsitellään passiivisilla vesienkäsittelymenetelmillä niin, että ne voidaan johtaa ympäristöön, jolloin riskiä ympäristölle ei suurien sateiden takia muodostu.
	Poikkeuksellisten rankkasateiden takia kalvorakenteen päällä olevia maa-aineksia lähtevät eroosion vuoksi liikkeelle.	Riski on suurin ennen kasvillisuuden kasvamista ollen pieni. Kasvillisuuden kasvamisen jälkeen eroosioriski pienenee huomattavasti ollen erittäin pieni. Sivukivialuetta tarkkaillaan sulkemisen jälkeen. Mahdolliset eroosion aiheuttamat vauriot korjataan mahdollisimman pian.
Inhimilliset virheet	Huolimaton työskentely peittorakenteen rakentamisessa (erityisesti tiivisrakenteen kalvoa asennettaessa) johtaa vaurioihin kalvorakenteessa	Rakentamista valvotaan riittävästi ja laadunvarmistuksella taataan kalvon ehjyys.

PARAS KÄYTTÖKELPOINEN TEKNIikka (BAT)

Arvio parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) soveltamisesta

Osana sulkemissuunnittelua sulkemiskäytösten riskejä ja parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) käyttöä on arvioitu sekä kansainvälisten että kansallisten ohjeiden perusteella. Seuraavassa on verrattu sivukivialueen KL2 sulkemiseen liittyvää toimintaa kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevan vertailuasiakirjan

”Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries” (European Commission 2018) luvussa 5 esitettyihin BAT-tekniikoihin.

BAT-päätelmä	Päätelmän vastaavuus sivukivialueen KL2 sulkemiseen liittyen
Yritysjohdaminen	
BAT-päätelmä 1: Yleisen ympäristönsuojelun tehokkuuden parantamiseen kaivannaisjätteiden jätehuollossa	
BAT 1a: Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmä (O&CM)	Käytössä on EHQS-toimintamalli (sertifikaatit ISO 9001, ISO 45001 ja ISO 14001), rakenteilla myös tietoturvallisuus- ja energiajohtamisjärjestelmät). Lisäksi Terrafame on sitoutunut suomalaisen kaivosvastuujärjestelmän toimintaperiaatteisiin.
BAT 1b: Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä (EMS)	Käytössä on EHQS-toimintamalli (sertifikaatti 14001).
Tiedon keruu ja hallinta	
BAT-päätelmä 2: Kaivannaisjätteiden karakterisointi	
BAT 2: Alustava kaivannaisjätteiden karakterisointi	Sivukiven karakterisointi on esitetty jätehuoltosuunnitelmassa: karakterisointi perustuu kuukausikokoomanäytteisiin ja aiempiin sivukiven karakterisointeihin. Pitkäaikaisharakterisointi on meneillään sivukivien osalta sekä käynnistymässä sekundääriliuotusjäännöksen osalta.
BAT-päätelmä 3: Kaivannaisjätteiden karakterisointi	
BAT 3: Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraaminen ja varmentaminen	Esitetty osana tarkkailuohjelmaa.
BAT-päätelmä 4: Kaivannaisjätealueet ja niiden hallinnan vaihtoehdot	
BAT 4b: Kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen tunnistaminen	Sivukivialueelle pysyvästi sijoitetun kaivannaisjätteen määrää seurataan säännöllisesti.
BAT-päätelmä 5: Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi	
BAT 5a: Vaarojen ja riskitekijöiden tunnistaminen	Käytetään sulkemissuunnittelun ratkaisujen perustana ja osana ympäristöriskinarviointia.
BAT 5b: Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi	Käytetään sulkemissuunnittelun ratkaisujen perustana ja osana aiemmin toteutettua ympäristövaikutusten arviointia ja ympäristöriskinarviointia.
Jätehierarkia	
BAT-päätelmä 6: Kiinteän kaivannaisjätteen muodostumisen ehkäiseminen	
BAT 6a: Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien esilajittelu ja valikoiva käsittely	Sivukivi lajitellaan potentiaalisesti happoa tuottaviin ja happoa tuottamattomiin sivukiviin. Esiintymien rajat tunnetaan hyvin kairaustulosten perusteella. Tuotantoporausten yhteydessä otetaan tarvittaessa näytteitä laadun varmistamiseksi ennen lastausta ja kuljetusta. Erityisesti potentiaalisesti tarvekivikelpoisen kiilleliuskeen osalta tehdään tarvittaessa lisätutkimuksia.
BAT 6b: Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien sijoittaminen kaivostäyttoon	Potentiaalisesti happoa tuottavien sivukivien sijoittaminen kaivostäyttoon ja sen ympäristövaikutukset ovat selvityksen alla. Ei koske sivukivialueen KL2 sulkemista.
BAT 6c: Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien käyttö joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella	Happoa tuottamattomia sivukiviä (kiilleliusketta) käytetään rakentamisessa erikseen louhittavan tarvekiven sijasta.

BAT-päätelmä 7: Ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen määrän muodostumisen vähentäminen	
BAT 7b: Kaivannaisjätteiden lajittelu ja valikoiva käsittely	Sivukiven lajitellaan potentiaalisesti happoa tuottaviin ja happoa tuottamattomiin sivukiviin. Happoa tuottamattomia sivukiviä käytetään rakentamisessa tai ne läjitetään omalle alueelleen.
BAT-päätelmä 10: Kaivannaisjätteen hyötykäyttö	
BAT 10: Kaivannaisjätteen uudelleen käsittely	Terrafame on selvittänyt sivukiven liutusta, kiilleliuskeen hyödyntämistä tarvekivenä sekä kaivoksen tukitäyttöjen toteuttamista sivukivellä. Pintamaat pyritään hyödyntämään sulkemisessa. Muotoilutäytöt (sulkemista valmistelevat tai viettokallistuksen rakentaminen sekundäärialueilla) tehdään kohteesta vaihdellen sivukivellä tai muilla kaivannaisjätteillä, jos se on mahdollista ja ympäristöluvan mukaista.
Kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteellinen vakavuus	
BAT-päätelmä 11: Toiminnan suunnittelu sulkeminen huomioiden -lähestymistapa suunnittelusta läpi kaivoksen elinkaaren	
BAT 11: Toiminnan suunnittelu sulkeminen huomioiden	Sulkemissuunnitelmia päivitetään ja tarkennetaan toiminnan aikana.
	Sulkemisen kustannuksiin varaudutaan etukäteen.
	Koerakenteiden rakentaminen sekä seuranta ja seurantatulojen huomiointi ovat osa peittorakennevaihtoehtojen tarkastelua.
	Peittorakennevaihtoehtojen tarkastelu tehdään riskiperusteisesti.
	Sulkemisessa tarvittavien materiaalien saatavuuden selvittäminen ja välivarastointi tehdään etukäteen.
	Sivukivialue suljetaan vaiheittaisesti.
	Ennen aikainen (kesken tuotannon) tai väliaikaisen (ns. care and maintenance) sulkeminen on huomioitu sulkemissuunnittelussa.
BAT-päätelmä 12: Täydentäviä organisaation ja yrityksen johtamisen työkaluja	
BAT 12a: Laadunvarmistus- ja laadunvalvontajärjestelmät	Rakentamisen laadunvarmistus esitetään yleis- ja toteutus suunnitelmissa ja sitä tarkennetaan ympäristöluvan ja valvojan viranomaisen määräysten mukaan. Rakentamisen toteutus ja mahdolliset muutokset dokumentoidaan Terrafamen EHSQ toimintamallin mukaan (ks. BAT1). Sulkemisvaiheen toimintatapa on vastaava kuin alueiden rakentamisvaiheessa.
BAT 12b: Muutosten hallinta	Rakentamisen toteutus ja mahdolliset muutokset dokumentoidaan Terrafamen EHSQ toimintamallin mukaan (ks. BAT1).
BAT 12d: Toimenpiteet onnettomuuksien lieventämiseksi sisältäen pelastussuunnitelman	On laadittu sisäinen pelastussuunnitelma, joka sisältää kaivannaisjätealueiden turvallisuussuunnitelman.
BAT-päätelmä 13: Pohjatutkimukset	
BAT 13: Kaivannaisjätteen sijoitusalueen tukevan maapohjan geoteknisten ominaisuuksien selvittäminen.	Sivukivialueen KL2 kohdalta ja läheisyydestä on tehty kattavat pohjatutkimukset ja alueen hydrogeologisia ominaisuuksia on selvitetty.
BAT-päätelmä 17: Maan päälle rakennettavien kiinteän jätteen sijoitusalueiden rakennusmenetelmät	

BAT 17c: Yhdistelmä pohjarakenne	Pohjarakenne on rakennettu vettä läpäisemättömänä riittävä kuivatusjärjestelmä huomioiden.
	Pohjarakenteen tarkkailua, seuranta ja ylläpitoa sulkemisen jälkeen tehdään niin kauan kuin tarpeellista. Alueella on kattava pohjavesitarkkailu.
BAT-päätelmä 18: Vesitaseen tarkastelu	
BAT 18a: Vesitase (kokonaisvesitaseen ja aine-taseen laskenta)	Sulkemisvaiheen vaikutus vesitaseeseen huomioidaan Terrafamen pitkän aikavälin vesienhallintamallinnuksessa. Sulkemisen vaikutus vesitaseeseen on operatiivisesta näkökulmasta positiivinen (valuma-aluetta pienentävä), kun pintavalunta pystytään ohjaamaan puhtaina luonnonvesinä alueelta pois ja suotovesien määrä vähenee merkittävästi.
BAT 18b: Vesienhallintasuunnitelma	Alueelle on tehty rakentamisen- ja tuotannon aikaiset vesienhallintasuunnitelmat. Vesienhallinnan pääperiaatteet on esitetty hakemuksessa ja ne päivitetään alueen vesienhallintasuunnitelmaan toteutussuunnittelun yhteydessä.
BAT-päätelmä 21: Kuivatusjärjestelmät	
BAT 21b: Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät	Sivukivialueen KL2 suotovedet kerätään kanaaleja pitkin DP4- ja DP5-altaisiin, joista (tai joita edeltäviltä pumppaamoilta) ne johdetaan vesienkäsittelyyn tai prosessikiertoon Kuusilammen louhoksen ollessa toiminnassa. Kuusilammen louhoksen toiminnan loputtua sivukivialueelta mahdollisesti muodostuvat suotovedet johdetaan Kuusilammen louhosjärveen, jossa vesiä tarpeen mukaan käsitellään aktiivisilla ja/tai passiivisilla vesienkäsittelymenetelmillä (pl. DP4-altaalle kertyvät suotovedet, jos passiiviset vesienkäsittelymenetelmät todetaan toimiviksi suotoveden laatu huomioiden). Hulevedet (pintavalunta) ohjataan pois tiivisrakenteen päältä riittävien kaltevuuksien avulla.
BAT-päätelmä 22: Kaivannaisjätteen sijoitusalueen geotekniset analyysit	
BAT 22b: Geotekniset analyysit maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille	Sivukivitäytöstä on laadittu stabiliteetilaskelmat.
	Peittorakenteen luiskissa varmistetaan suojageotekstiilin, kalvon ja salaojamatton rajapintojen kitkan riittävyys ennen rakentamista.
	Sivukivialueen alta on pohjarakenteen rakentamisen yhteydessä tehty massanvaihto louheesta pehmeiden maakerrosten alueelle, joten pohjamaan painumista ei oleteta tapahtuvan merkittävässä määrin enää sivukivikasan sulkemisen jälkeen. Samoin sivukivilouhe on tiivistynyt täytön aikana siten, että mahdolliset suurimmat painumat ovat jo tapahtuneet ennen peittorakenteen rakentamista.
BAT-päätelmä 23: Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu	
BAT 23: Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu	Sivukivialueen alapuolisten vesien ja suotovesien määrää ja laatua tarkkaillaan säännöllisesti.
	Sivukivialueen mahdollisia muodonmuutoksia seurataan sekä tarkastuskäynneillä että satelliittiperustaisella seurannalla (InSAR-mittaukset).
BAT-päätelmä 24: Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu	
BAT 24a: Kelpoisuustarkastelut (kolmannen osapuolen kanssa tai ilman)	Kaivannaisjätealueiden tiivisrakenteiden rakentamista valvoo ulkopuolinen laadunvalvoja.

BAT 24b: Sisäinen auditointi	Toimintatapa on määritelty EHSQ-toimintamallissa, ks. BAT1
BAT 24c: Ulkoinen auditointi	Toimintatapa on määritelty EHSQ-toimintamallissa, ks. BAT1
Kaivannaisjätteiden fysikaalisen ja kemiallisen pysyvyyden hallinta	
BAT-päätelmä 30: Haitta-aineiden liukenemisen estäminen tai vähentäminen	
BAT 30c: Vaiheittainen kunnostus	ks. BAT 38 a
BAT-päätelmä 31: Happaman kaivosvaluman muodostumisen estäminen tai vähentäminen	
BAT 31a: Kiviaineksen happaman valumaveden (ARD) hallintajärjestelmä	Potentiaalisesti happoa tuottavien sivukivien ominaisuudet on huomioitu asianmukaisesti johtamisjärjestelmässä ja ympäristönhallintajärjestelmässä.
BAT 31b: Potentiaalisesti happoa tuottavan (PAG) ja tuottamattoman (NAG) kaivannaisjätteen erottelu lajittelun ja valikoivan käsittelyn/läjäyttämisen avulla	ks. BAT 7b
BAT 31f: Pohjarakenteena tiivis keinoitekoinen materiaali	ks. BAT 35b
BAT 31g: Vaiheittainen kunnostus	ks. BAT 38a
BAT 31i: Vettä läpäisemättömät ja alhaisen virtaaman kuivapeitot	ks. BAT 38e
BAT 31k: Vesipeitot	ks. BAT 38g
Pohjaveden tilan huononemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen	
BAT-päätelmä 35: Pohjarakenteet ja (fysikaaliset) esteet	
BAT 35b: Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemättömän keinoitekoinen materiaali	Sivukivialueen KL2 pohjarakenne on rakennettu vettä läpäisemättömänä (HDPE-kalvolla) riittävä kuivatusjärjestelmä huomioiden.
BAT-päätelmä 37: Vesijakeiden hallinta	
BAT 37c: Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät ks. BAT 21b	
BAT-päätelmä 38: Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittäminen	
BAT 38a: Vaiheittainen kunnostus	Sivukivialueen KL2 sulkemistoimenpiteet aloitetaan kaivoksen tuotannon aikana ja sulkeminen tehdään vaiheittain.
BAT 38e: Läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot	Sivukivialueen KL2 peittorakenteeseen rakennetaan LLDPE-kalvosta tiivisrakenne, joka rajoittaa hapen ja veden pääsyä sivukivitäyttöön. Peittorakenteen ja tiivisrakenteen toimintaa seurataan ja tarvittaessa ylläpidetään niin kauan kuin on tarpeellista. Ylläpitäminen pitää sisällään rakenteen tarvittavan kunnostamisen ja tiivisrakenteena käytetyn kalvon mahdollisen paikkaamisen sekä mahdollisen pintamaakerroksen eroosiovaurioiden korjaamisen tarvittaessa.
BAT 38g: Vesipeitot	Mustaliuskesivukiven läjittäminen kaivostäyttöön on selvitetävänä. Ei sovelleta KL2 sulkemiseen.
BAT-päätelmä 40: Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu	
BAT 40. Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu	Pohjaveden laatua seurataan ja tarkkaillaan tarkkailuohjelman mukaisesti. Mahdollisesti pilaantuneet maa-alueet kartoitetaan sivukivialueen KL2 lähistöllä (erityisesti hapettuneiden sulfidimaiden alue sivukivialueen KL2 ja Tuhkalantien välisellä alueella).
BAT-päätelmä 41: Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu	

BAT 41a: Läpäisemättömän pohjarakenteen vuodontarkkailujärjestelmä	Suotovesialtaiden DP4 ja DP5 rakenteiden toimivuutta tarkkaillaan. Sivukivialueen suoja-pumppauksia seurataan. Alueen putkistojen (erityisesti DP4/5-altailta lähtevä turve-eristetty putkilinja) kuntoa tarkkaillaan.
BAT 41c: Tarkkailukaivot	Tarkkailua tehdään putkilinjoiden tarkkailukaivoista, suoja-pumppausten kaivoista, maa- ja kalliopohjavesiputkista.
Pintavesien tilan huononemisen ehkäiseminen ja vähentäminen	
BAT-päätelmä 42: Kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien muodostumisen ehkäiseminen tai vähentäminen	
BAT 42a: Louhinnasta, rikastuksesta ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien uudelleen käyttö tai kierrätys	Sivukivialueen KL2 suotovedet johdetaan prosessikiertoon aina silloin kun se on mahdollista.
BAT 42b: Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana	Sivukivialueen KL2 ulkopuoliset vedet ohjataan ojien avulla sivukivialueen ulkopuolelle, jotta puhtaat hulevedet eivät joudu kosketuksiin kaivannaisjätteen kanssa toiminnan aikana. Sulkemisen jälkeen peittorakenteen päältä tulevat puhtaat hulevedet johdetaan ympäristöön ja mahdolliset suotovedet vesien käsittelyyn tai Kuusijärven louhosjärveen.
BAT 42c: Kaivannaisjätteiden peittäminen	ks. BAT 38a ja BAT 38e
BAT 42d: Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen	Sivukivialue KL2 kasvitetaan peittorakenteen rakentamisen jälkeen.
BAT-päätelmä 43: Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien kerääminen ja käsittely	
BAT 43: Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien kerääminen ja käsittely	Kuusilammen louhoksen ollessa toiminnassa sivukivialueen KL2 suotovedet johdetaan joko prosessikiertoon tai ennen ympäristöön purkamista aktiiviseen vesienkäsittelyyn. Johtamalla suotovesi bioliuotuksen korvausvedeksi liuenneet metallit voidaan hyödyntää tuotannossa. Kuusilammen louhoksen toiminnan loputtua sivukivialueelta mahdollisesti muodostuvat suotovedet johdetaan Kuusilammen louhosjärveen, jossa vesiä tarpeen mukaan käsitellään aktiivisilla ja/tai passiivisilla vesienkäsittelymenetelmillä (pl. DP4-altaalle kertyvät suotovedet, jos passiiviset vesienkäsittelymenetelmät todetaan toimiviksi suotoveden laatu huomioiden, ks. BAT 46).
BAT-päätelmä 45: Suspensiossa olevan kiintoaineksen tai (orgaanisten) nesteiden poistaminen	
BAT 45a: Painovoimainen erotus laskeutuslaitaissa	Sivukivialueen KL2 peittorakenteen päältä tulevat puhtaat pintavedet johdetaan laskeutusaltaiden kautta ympäristöön.
BAT-päätelmä 46: Liuenneiden aineiden poistaminen	
	Sulkemisen jälkeen DP4-altaalle mahdollisesti kertyvien suotovesien osalta selvitetään passiivisten vesienkäsittelymenetelmien toimivuutta. Vesiä hyödynnetään myös toiminnan aikana tuotannon korvausvetenä, jolloin niiden metallisisältö voidaan hyödyntää tuotannossa.
BAT-päätelmä 47: Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien neutralointi ennen purkua	
BAT 47a: Aktiivinen käsittely	ks. BAT 43
BAT-päätelmä 48: Pintavesiin kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu	
BAT 48: Pintavesipäästöjen tarkkailu	Tarkkailua tehdään tarkkailuohjelman mukaisesti toiminnan aikana ja sulkemisen jälkeen niin pitkään kuin tarpeellista.

Ilmapäästöjen ehkäiseminen ja vähentäminen	
BAT-päätelmä 49: Kaivannaisjätteiden paljailta pinnoilta peräisin olevan pölyämisen ehkäiseminen tai vähentäminen	
BAT 49c: Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen	ks. BAT 42d
BAT 49d: Vaiheittainen kunnostus	ks. BAT 38a
BAT 49h: Lämpöeristämättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot	ks. BAT 38e
BAT-päätelmä 52: Ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu	
BAT 52. Ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu	Tarkkailua tehdään tarkkailuohjelman mukaisesti toiminnan aikana ja sulkemisen jälkeen niin pitkään kuin tarpeellista.
Muiden ihmisen terveyteen ja ympäristöön kohdistuvien vaikutusten ehkäiseminen ja vähentäminen	
BAT-päätelmä 53: Kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvan melun ehkäiseminen ja pienentäminen	
BAT 53a: Meluvallit	Alueen täyttö on tehty erityisesti yöaikaan pengerryksen takana. Alueella on jatkuvatoiminen melumittaus ja mikäli sulkemisrakenteen toteuttamisessa havaitaan poikkeuksellista melua, voidaan erikseen suunnitella mahdollisesti tarvittavat toimenpiteet.
BAT 53c: Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen	ks. BAT 42d
BAT-päätelmä 55: Kaivannaisjätteiden hallinnan maisemavaikutusten ja maankäytön jalanjäljen ehkäiseminen tai minimoiminen	
BAT 55a. Kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäiseminen	ks. BAT 6a, 6b, 6c
BAT 55d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen	ks. BAT 42d
BAT-päätelmä 56: Kaivannaisjätteiden hallinnan aiheuttaman energian ja aineiden kulutuksen minimointi	
BAT 56a: Energiankulutuksen vähentäminen	ks. BAT 11, esimerkiksi peittorakenteiden materiaalien kuljetus- ja välivarastointialueiden tunnistaminen energiankulutuksen näkökulmasta
BAT 56b: Vedenkulutuksen vähentäminen	Sivukivialueen KL2 suotovesiä käytetään prosessivetenä.
BAT-päätelmä 57: Luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan vaikutusten ehkäiseminen tai minimoiminen	
BAT 57a. Luonnon radioaktiivisten aineiden seurantasuunnitelma	Alueen tuotannonaikaisista vaikutuksista on tehty luonnonsäteilylle altistavan toiminnan turvallisuusarvio. Sen perusteella toiminta ei ole säteilytoimintaa. Terrafamen ympäristötarkkailussa on laajasti mukana uraanipitoisuuden tarkkailu (jätteet, leijuma, laskeuma, vesijakeet jne.). Toiminnan uraanitase päivitetään aina tarvittaessa (muutosten yhteydessä) ja raportoidaan ympäristötarkkailun yhteydessä.
BAT 57b. Kaivannaisjätteen lajittelu ja valikoiva käsittely	ks. BAT 7b

Arvio ympäristön kannalta parhaan käytännön (BEP) soveltamisesta

Sulkemissuunnittelussa ja suunnitteluratkaisuissa on huomioitu metallimalmikaivannaissektorin parhaat ympäristökäytännöt (BEP). Sivukivialue suljetaan tiiviillä peittorakenteella, jolla rajoitetaan veden ja hapen pääsyä sivukivitäyttöön ja vähennetään happamien, metallipitoisten

suotovesien määrää ja parannetaan suotovesien laatua. Siten sivukivialueen aiheuttama ympäristökuormitus vähenee nykyiseen tilanteeseen nähden. Sivukivialueelta tulevat suotovedet kerätään käsittelyyn niin kauan kuin se tarkkailun tulosten perusteella on tarpeellista.

Peittorakenteessa tiivisrakenteen päällä käytetään vain puhtaita maa- ja kiviaineksia, joten niistä ei aiheudu ympäristövaikutuksia peittorakenteen päältä tuleviin puhtaisiin valumavesiin.

Sivukivialueen peittorakenteen rakentamisvaiheessa minimoidaan materiaalien kuljetusmatkat. Pintamaakerrokseen käytettävien maa- ja kiviainesten arvioidaan löytyvän kaivosalueelta tai sen välittömästä läheisyydestä. Sulkemistoimenpiteiden ilmapäästöt ja vaikutukset ilmastoon ovat hyvin vähäiset.

Toiminnassa ei synny jätteitä eikä se lisää ympäristöön kohdistuvia päästöjä tai aiheuta ristikkäispäästöjä. Kokonaisuudessaan toiminnan voidaan katsoa olevan ympäristön kannalta parhaan mahdollisen käytännön mukaista.

TOIMINNAN JA SEN VAIKUTUSTEN TARKKAILU

Ympäristölainsäädäntö edellyttää ympäristöön vaikuttavista hankkeista ja toiminnoista vastaavilta tahoilta ympäristövaikutusten seuranta. Terrafame Oy:n tarkkailu perustuu tällä hetkellä 7.12.2023 päivättyyn tarkkailuohjelmaan. Kainuun ja Pohjois-Savon ELY-keskukset ovat hyväksyneet tarkkailuohjelman 12.9.2023. Hyväksymispäätöksen mukaiset muutostarpeet on päivitetty tarkkailuohjelman 7.12.2023 päivättyyn versioon.

Tarkkailu sisältää käyttö- ja päästötarkkailun, pintavesien tarkkailun, kallaloustarkkailun, sedimentin laadun tarkkailun, pohjavesien tarkkailun, maa-alueiden biologisen tarkkailun, ilman laadun tarkkailun, melutarkkailun ja jätejakeiden kaatopaikkakelpoisuuden tarkkailun.

Käyttötarkkailu

Tämän hakemuksen mukainen toiminta sisällytetään Terrafamen nykyiseen käyttötarkkailuun. Terrafamen käyttötarkkailu on jatkuvaa ja se on alkanut kaivos- ja teollisuustoiminnan käynnistyessä. Käyttötarkkailun tuloksia hyödynnetään päästö- ja vaikutustarkkailutulosten raportoinnissa, muun muassa poikkeuksellisten kuormitustilanteiden tarkastelussa. Olennaisena osana käyttötarkkailuun kuuluu myös ympäristönsuojelurakenteiden kunnon ja toiminnan tarkkailu.

Rakentaminen

Rakentamisen aikana tarkkaillaan mm. peittorakenteessa käytetyn materiaalin määrää, laatua ja sijoitusta sekä käytettyjen menetelmien toimi-

vuotta sekä alueella muodostuvan sade- ja sulamisveden laatua. Lisäksi seurataan rakentamisen aikaisten vesiensuojelurakenteiden kuntoa ja kirjataan pöly- ja meluhavainnot, tiedot poikkeustilanteista sekä ympäristövahingoista ja onnettomuuksista. Rakentamisessa noudetaan laadunvalvontaohjetta ja työn seurannassa käytetään riippumatonta ulkopuolista valvojaa.

Valmis peittorakenne

Valmiista peittorakenteesta seurataan muodonmuutoksia, hapen läpäisevyyttä, veden läpäisevyyttä sekä lämpötilan vaihteluita. Säätilasta seurataan haihduntaa ja sadantaa sekä ilman lämpötilaa. Peittorakenteen muodonmuutoksia ja liikkumista luiskassa seurataan satelliittipohjaisesti. Lisäksi peittokerroksen pysyvyyttä seurataan silmämääräisesti rakentamisen aikana päivittäin, sen jälkeen kuukausittain sekä erityisesti rankkasateiden aikana ja niiden jälkeen.

Peittorakenteen tiivisrakenteen kaasunläpäisevyyttä esitetään tarkkailtavaksi kaasumittauksilla kalvon alapuolelta. Kaasunmittauspisteitä asennetaan 1 mittauspiste / 50 hehtaaria peittorakennetta. Ensimmäinen kaasunmittauspiste asennetaan ensimmäisenä peitettävän osa-alueen peittorakenteeseen. Ensimmäisen osa-alueen peittorakenteen yhteyteen asennetaan myös lysimetri peittorakenteen toimivuuden seurantaan varten. Muita lysimetrejä ei esitetä asennettavaksi.

Lisäksi maisemoinnin kasvillisuuden kasvuunlähtöä sekä mahdollisten vieraskasvilajien leviämistä alueelle tarkkaillaan visuaalisesti ja esimerkiksi kuvauskoptereiden avulla. Vieraslajit poistetaan ja hävitetään asianmukaisesti, mikäli niitä alueella havaitaan.

Vesijakeiden tarkkailu

Tämän hakemuksen mukainen toiminta sisällytetään Terrafamen ympäristötarkkailuun, joka koostuu mm. toiminnan vesipäästöjen, ympäröivien vesimuodostumien ja ilmanlaadun tarkkailusta. Terrafamella tehdään laajan ympäristötarkkailuohjelman mukaisen veloitettarkkailun lisäksi kattavasti omaa ympäristötarkkailua. Veloitettarkkailun näytteenottoja ja mittauksia toteuttaa pääasiassa ulkopuolinen asiantuntijayritys. Ympäristötarkkailua on sekä jatkuvatoimista että kertaluonteista.

Rakenteen alapuolisten vesien tarkkailu

Sivukivialueen KL2 tiiviin pohjarakenteen alapuolisia vesiä tarkkaillaan sivukivialueen sulkemisen jälkeen toistaiseksi nykyisen tarkkailuohjelman mukaisesti. Käyttötarkkailua vesien laadusta tehdään viikoittain ja muodostuvan veden määrää tarkkaillaan. Ulkopuolinen näytteenottaja ottaa vesistä näytteet neljä kertaa vuodessa. Näytteistä tutkitaan mm. sähkönjohtavuus, pH, alkaliniteetti, sulfaatti, metallien liukoiset ja kokonaispitoisuudet ja kokonaisfosfori sekä -typpi. Tarkkailua tehdään niin kauan kuin se katsotaan tarpeelliseksi vesien johtamisen kannalta.

Tarkkailussa on havaittu rakenteen alapuolisten vesien pumppauskaivojen olevan usein kuivia.

Suotovesien tarkkailu

Sivukivialueella mahdollisesti muodostuvat peittorakenteen kalvon alapuoliset suotovedet johdetaan sulkemisen jälkeen nykyisten altaiden DP4 ja DP5 kautta prosessiliuoskiertoon tai vesienkäsittelyyn. Kuusilammen avolouhoksen toiminnan loputtua mahdollisesti muodostuvat suotovedet varautumaan johtamaan Kuusilammen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen. Suotovesimäärien seuraamiseksi DP4- ja DP5-kanaaleihin asennetaan virtaamamittauskaivot. Suotovesien laatua seurataan toistaiseksi nykyisen tarkkailuohjelman mukaisesti viikoittain yhtiön omassa laboratoriossa. Lisäksi ulkopuolinen näytteenottaja ottaa suotovedestä näytteet neljä kertaa vuodessa. Tarkkailua tehdään niin kauan kuin se katsotaan tarpeelliseksi vesien johtamisen kannalta. Näytteistä määritetään seuraavan taulukon mukaiset analyysit.

Viikoittain	Neljännesvuosittain lisäksi
Lämpötila Sähkönjohtavuus pH Kiintoaine Sulfaatti (SO ₄) Metallien kokonaispitoisuudet: Cu, Ni, Zn, U, Mn, Fe, Na, Ca, Mg, Al	Metallien kokonaispitoisuudet: As, Ba, Co, Cr, V, Pb, Sb, Sr Metallien liukoiset pitoisuudet: Ni, Pb, Cd, Hg kok.fosfori, kok.typpi, COD _{Mn} , NO ₂₊₃ -N, NH ₄ -N

Vesipäästötarkkailu

Hankkeen myötä ympäristötarkkailuun ehdotetaan lisättäväksi kolme (3) uutta tarkkailupistettä sivukivialueen KL2 uusien laskeutusaltaiden purkupisteille. Altilta purettavan veden laatua tarkkaillaan vähintään viikoittain osana Terrafamen käyttötarkkailua. Näytteistä analysoidaan keskeiset alkuaineet (esim. Ni, Zn, Cu, Mn, Fe, U) liukoisina ja/tai kokonaispitoisuuksina, pH, sähkönjohtavuus, sulfaatti, kiintoaine ja sameus. Velvoitetarkkailun tarkkailuajankohtiin, näytepisteisiin tai näytteistä tehtäviin analyysihin ei ole hankkeen myötä tarve esittää muutoksia.

Mikäli peittorakenteen päältä muodostuvien pintavesien tarkkailun yhteydessä vedenlaadussa todetaan heikkenemistä, vedet voidaan johtaa vesien käsittelyyn.

Rakentamisen aikaista kiintoainepitoisuuden tarkkailua tullaan tekemään yli 10 hehtaarin kokoisille yhtenäisille rakentamisalueille.

Vaikutustarkkailu

Tämän hakemuksen mukainen toiminta sisällytetään Terrafamen olemassa olevaan vaikutustarkkailuun siten, että muutoksia tarkkailuohjelmaan ei yhtiön näkemyksen mukaan tarvitse tehdä. Vaikutustarkkailu

on ympäristön tilan veloitettarkkailua ja sitä suoritetaan viranomaisen hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti. Tarkkailu toteutetaan pääasiassa ulkopuolisen asiantuntijan toimesta ja vaikutustarkkailun tulokset raportoidaan viranomaisille vuosittain ulkopuolisen asiantuntijan toimesta.

Nykytilassa Terrafamen ympäristövaikutusten tarkkailu käsittää pintavesien laadun tarkkailun, pintavesien biologisen tarkkailun, kalaston ja kalastuksen tarkkailun, sedimenttien laadun tarkkailun, pohjavesien tarkkailun, maa-alueiden biologisen tarkkailun, ilmanlaadun tarkkailun, melutarkkailun, tärinä tarkkailun ja Kolmisopen säännöstelyn tarkkailun. Terrafame tulee asennuttamaan uusia pohjaveden tarkkailuputkia KL2 ympäristöön ympäristöluvan 87/2022 vaatimusten ja Kainuun ELY-keskuksen hyväksymän suunnitelman mukaisesti. Seitsemän uutta tarkkailuputkea on asennettu vuoden 2024 alussa.

Raportointi

Hankkeen mukaisen toiminnan tarkkailun raportointi liitetään osaksi Terrafamen nykyisen toiminnan tarkkailun raportointia. Tarkkailuohjelmat päivitetään ja hyväksytetään valvovalla viranomaisella ennen toiminnan aloittamista. Tarkkailutuloksista tehdään vuosiraportti, joka toimitetaan viranomaiselle tarkkailuvuotta seuraavan vuoden alussa. Raportissa esitetään määrä- ja laatutulosten lisäksi päästölähteiden sijainnit, näytteenottopisteiden sijainnit, uusien tarkkailupisteiden tiedot, näytteenottoajankohdat sekä mahdolliset poikkeukselliset havainnot. Raportista ilmenevät myös käytetyt analyysimenetelmät ja lausunnot ympäristön tilasta.

VAKUUS

Kaivannaisjätealueita koskeva ja jätehuollon varmistamiseksi asetettava vakuus

Sivukivialueen KL2 sulkeminen sisältyy ympäristölupapäätöksen 87/2022 lupamääräyksen 196 mukaisesti yhtiön nykyiseen vakuuteen. Sivukivialueelle KL2 on laskettu vakuutta, sen 5-lohko mukaan lukien 207,95 ha alalle luiskaneliöiksi laskettuna yksikkö hinnalla 30 €/m² yhteensä 62 425 000 €. Vakuus on asetettu ja siitä on toimitettu asiakirjat Kainuun ELY-keskukselle valvontaviranomaisena.

Terrafamen arvion mukaan tämänhetkisen yleissuunnitelmaan perustuvan kustannusarvion mukaisesti yksikköhinta riittää sivukivialueen sulkemiseksi. Terrafame on tarkastellut 2023 aikana rakennusyksikkökustannusta suoritetasolla huomioiden mm. materiaalien, niiden kuljetusten, logistiikan työsuoritusten, laadun varmistuksen, työnjohdon ja valvonnan kustannukset.

Lisäksi kaivannaisjätteen jätealueiden suotovesien käsittelemiseksi sulkemisen ja jälkihoidon aikana on asetettu 20 000 000 euron vakuus,

minkä vuoksi alueen vesienhallinnalle ei tarvitse asettaa erillistä vakuutta.

Terrafame katsoo, että vakuuksia tulee vapauttaa sulkemisen edetessä vastaavasti suljettuihin pinta-aloihin ja yksikköhintaan perustuen. Ensimmäisestään yhtiö katsoo, että vakuus voidaan vapauttaa kokonaan eikä rakenteen ylläpitoon ole tarpeellista jättää erillistä vakuutta. Toissijaisesti, mikäli puustonpoistoon ja muuhun alueen jälkihoitoon tulee asettaa vakuus, Terrafame esittää, että vakuutta jätetään vapauttamatta 0,3 €/m² eli 624 000 euroa. Summa perustuu Terrafamen muissa kohteissa, esimerkiksi patorakenteissa, toteutuneeseen puustonpoiston yksikkökustannukseen.

VAHINKOARVIO JA VAHINKOA ESTÄVÄT TOIMENPITEET

Sivukivialueen KL2 sulkemisen vesipäästöistä ei arvioida aiheutuvan korvattavaa vahinkoa tai haittaa rantatiloille, vesialueen omistajille eikä myöskään kaupallisille kalastajille. Vesistö päästöjä estetään ja haitallisia vaikutuksia vähennetään mm. valitsemalla sellaisia työmenetelmiä, että peittorakenteen rakentamisesta aiheutuva alueella syntyvien hulevesien samentuminen jää mahdollisimman vähäiseksi. Toteutettavat laskeutusaltaat pidättävät pääosan hulevesien mukana kulkeutuvasta kiintoaineksesta sekä rakentamisen aikana että sen jälkeen. Myös sivukivialueen reunaajat tasaavat virtaamaa ja pidättävät kiintoainesta.

Hankkeesta aiheutuvia muita ympäristöhaittoja ja mahdollisia vahinkoja ehkäistään liikenteen ja muun toiminnan päästöjen, etenkin pölyn ja melun hallinnan, ympäristövaikutusten seurannan sekä onnettomuus- ja poikkeustilanteisiin reagoinnin avulla. Pölypäästöistä aiheutuvan mahdollisen haitan vähentämiseksi keskeinen toimenpide ovat kuljetuksista aiheutuvan pölyn hallinta. Teiden kastelu vähentää merkittävästi pölyämistä sekä teollisuusalueen sisä- että ulkopuolella. Meluhaittoja voidaan lieventää työmenetelmien sekä melua aiheuttavien töiden ajankohdan valinnalla.

HAKIJAN ESYTYS YMPÄRISTÖLUVAN NRO 87/2022 LUPAMÄÄRÄYKSEN 186 MUUTTAMISEKSI

Terrafame hakee muutosta ympäristölupapäätöksen nro 87/2022 lupamääräykseen 186 siten, että yksityiskohtaiset, rakennusvaiheittain laaditut rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmat voidaan toimittaa vastavalle ELY-keskukselle hyväksyttäväksi lupamääräyksen 6 mukaisesti sen jälkeen, kun rakenteen pääperiaatteet on aluehallintovirastossa ratkaistu. Näin on menetelty myös pohjarakenteiden toteuttamisessa.

Edellä mainittu ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräys 6 kuuluu seuraavasti:

”6. Luvan saajan on toimitettava Kainuun ELY-keskuksen hyväksyttäväksi, ellei niitä ole tällä päätöksellä jo hyväksytty, uusia ympäristönsuojelurakenteita (esimerkiksi kaivannaisjätteen jätealueiden, kaatopaikkojen sekä varastoalueiden pohja-, pinta- ja tiivistysrakenteet, vesien käsittely-yksiköt, liuoskierron altaat, varo- ja varastoaltaat ja altaiden väliset putkikanaalit sekä muut rakenteet, joilla estetään tai vähennetään päästöjen muodostumista ja leviämistä ympäristöön) koskevat, tämän päätöksen määräysten mukaisiksi tarkistettut ja päivitetyt yksityiskohtaiset rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmat viimeistään kolme kuukautta ennen niiden rakentamisen aloittamista.

Olemassa olevien ympäristönsuojelurakenteiden korjaamisesta tai muuttamisesta on esitettävä vastaavat suunnitelmat ja työselostukset ELY-keskuksen kanssa sovitussa aikataulussa. Ympäristönsuojelurakenteen voi ottaa käyttöön, kun Kainuun ELY-keskus on riippumattoman valvojan yhteenvedon ja laadunvalvontakokeiden tulosten perusteella todennut tehtyjen rakenteiden täyttävän niille asetetut vaatimukset.”

TOIMINNAN ALOITTAMINEN MUUTOKSENHAUSTA HUOLIMATTA

Terrafame Oy hakee ympäristönsuojelulain 199 §:n mukaista lupaa luvanvaraisen toiminnan aloittamiseen mahdollisesta muutoksenhausta huolimatta. Perusteluina toiminnan aloittamiselle esitetään seuraavat asiat:

- Sivukivialueen KL2 sulkeminen on tarpeellista toiminnan jatkuvuuden kannalta. Kun sivukivialueella peittorakenteen päällä syntyvä puhdas pintavalunta voidaan ohjata kaivospiirin ulkopuolelle nykyisille virtausreiteille, vesienkäsittelyprosessissa vapautuu kapasiteettia muiden toimintojen pinta- ja suotovesien käsittelyyn ja varastointiin ja/tai vesienhallinta-alue pienenee ja käsiteltävän veden määrä vähenee. Sulkemisen aloittamisen viivästyttämisestä voi aiheutua hakijalle kohtuutonta haittaa.
- Luvan mukaiset toimenpiteet voidaan suorittaa tuottamatta ympäristölle, sen toiminnalle tai käytölle huomattavaa haittaa eikä päätöksen täytäntöönpano tee muutoksenhakua hyödyttömäksi.
- Jos lupapäätös kumottaisiin tai luvan ehtoja muutettaisiin, eikä toteutettua rakennetta voitaisi kohtuudella muuttaa vastaamaan muutettua päätöstä, ei ennallistaminen lupaa edeltävään tilaan ole tarkoituksenmukaista tai ympäristöturvallisuuden kannalta välttämätöntä. Toteutetut sulkemusrakenteet voidaan tarvittaessa jättää ilman ympäristöriskejä mahdollisen uuden muutetun sulkemusrakenteen alapuolelle tai hyödyntää uuden sulkemusrakenteen osana. Tämänkin vuoksi muutoksenhaku ei olisi hyödytöntä.

Vakuus

Hakija esittää toiminnan aloittamiselle 10 000 euron vakuutta lupapäätöksen kumoamisen tai lupamääräysten muuttumisen varalta. Vakuus ei sisällä arvonlisäveroa. Tarvittavan vakuuden on arvioitu olevan kohtalaisen pieni, koska tarvittaessa tehdyt sulkemisorakenteet on mahdollista jättää uuden luvan mukaisen rakenteen alapuolelle tai käyttää tehtyä rakennetta osana sulkemisorakennetta eikä varsinaisia palauttavia toimenpiteitä ole tarpeen tehdä. Lähinnä lupamääräysten muuttaminen aiheuttaisi suunnitelmien päivittämisen, joka pystytään toteuttamaan asetettavalla vakuudella.

HAKEMUKSEN KÄSITTELY

Hakemuksen täydennykset

Hakemusta on täydennetty 20.6.2024, 9.10.2024, 11.3.2025, 10.4.2025, 6.5.2025 ja 20.5.2025. Täydennysten olennainen sisältö käy ilmi ker-toelmaosasta, jossa on ajantasainen tieto asiasta.

Hakemuksen kuuluttamisen ja tiedoksiantamisen jälkeen toimitetuissa täydennyksissä on tarkennettu Vaasan hallinto-oikeuden 19.12.2024 antamien päätösten vaikutusta hakemuksen mukaiseen sulkemiseen, täydennetty kaivannaisjätteiden pitkäaikaistestauksien tuloksia kosteuskammiokokeiden viikoille 154 ja/tai 162 asti, tarkennettu läjitettyjen sivukivien määriä ja suotovesien laatua ja määriä, sekä perusteltu esitettyä peittorakennetta ympäristögeoteknisestä näkökulmasta. Hakemuksen kuuluttamisen ja tiedoksiantamisen jälkeen toimitetut täydennykset eivät ole tuoneet esiin sellaista päästöihin tai ympäristövaikutuksiin liittyvää tietoa tai muuta yleiseen etuun tai asianosaisten oikeuteen tai etuun vaikuttavaa tietoa, että asiaa olisi ollut tarpeen kuuluttaa ja antaa tiedoksi uudelleen tai pyytää asiasta uusia lausuntoja.

Hakemuksesta tiedottaminen

Hakemuksesta on tiedotettu julkaisemalla kuulutus ja hakemusasiakirjat lupaviranomaisen verkkosivuilla osoitteessa <https://ylupa.avi.fi> 17.10.–25.11.2024. Tieto kuulutuksesta on julkaistu myös kuntien yleisessä tietoverkossa Sotkamon kunnan verkkosivuilla. Hakemusta koskeva ilmoitus on julkaistu Kainuun Sanomat, Sotkamo-lehti ja Miilu-lehti -nimisissä sanomalehdissä.

Hakemuksesta on lisäksi erikseen annettu tieto niille asianosaisille, joita asia erityisesti koskee.

Aluehallintovirasto on pyytänyt hakemuksen johdosta lausunnon Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen ympäristö ja luonnonvarat -vastuualueelta, Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kalatalousviranomaiselta, Sotkamon kunnalta sekä Sotkamon kunnan ympäristönsuojelu- ja terveydensuojeluviranomaiselta, Kajaanin kau-

pungilta ja Kajaanin kaupungin ympäristönsuojelu- ja terveydensuojeluviranomaisilta, Geologian tutkimuskeskukselta, Säteilyturvakeskukselta, kaivosviranomaiselta (Tukes) ja Kainuun pelastuslaitokselta.

Lausunnot

1. Kainuun ELY-keskus / Ympäristö ja luonnonvarat -vastuualue

Terrafamen kaivosalueelle on tyypillistä, että sade- ja sulamisvedet on johdettava käsittelyyn suurelta pinta-alalta. Sulkemattomat jäte-, tuotanto- ja sivukivialueet lisäävät siten olennaisesti käsittelyyn johdettavien huonolaatuisten vesien määrää etenkin tilanteessa, jossa bioliuoskierron liuostaseen vuoksi ei ole mahdollista hyödyntää vesiä bioliuotuskasojen kastelussa. Sivukivialueen KL2 sulkeminen lisää siten olennaisesti kaivosalueen vesitaseen hallintaa ja parantaa niin ympäristö- kuin patoturvallisuutta. Terrafamelle myönnetyt ympäristöluvut ovatkin ohjanneet sulkemaan jäte-, tuotanto- ja sivukivialueet pian niiden käytön loppua.

ELY-keskus toteaa, että Terrafamen sivukivialueen KL2 sulkemistoimenpiteitä on ensisijaisesti ja kiireellisesti edistettävä ympäristöriskien pienentämiseksi naapurihaittojen vähentämiseksi. Yleisesti jäte-, tuotanto ja sivukivialueiden täyttö- ja sulkemistoimenpiteet tulee suunnitella ja toteuttaa huolellisesti, jotta pölyämisestä aiheutuva haitta naapureille voidaan sivukivialueen täytön ja sulkemisen aikana minimoida. ELY-keskuksen näkemyksen mukaan sivukivialueen KL2 sulkeminen on kuitenkin viivästynyt ympäristöluvassa määrätystä poiketen.

Sulkemis- ja maisemointitoimenpiteiden viivästyminen on lisännyt ja pitkittänyt myös pölyämisestä aiheutuvaa haittaa. Naapureiden yhteydenottojen perusteella pölyämisestä aiheutuvaa haittaa on koettu etenkin sivukivialueen KL2 koillispuolella Hakosen alueelle sijoittuvilla kiinteistöillä.

Terrafame on aloittanut osin koetoimintailmoitusten ja osin ilman ympäristölupaa sivukivialueen KL2 sulkemistoimenpiteet sivukivialueen eteläpäässä. Merkittävä osa sivukivialueesta KL2 on kuitenkin vielä osin louhepinnalla. Oletettavasti louhepinta on alttiimpi tuulen ja veden eroosiolle ja pölyä herkemmin mitä viimeistellympi pinta. Mikäli sulkemistoimenpiteiden aloittaminen vielä viivästyy sivukivialueen pohjoispäässä, tulisi Terrafamen muutoin minimoida sivukivialueen pölyämisestä aiheutuvaa haittaa esimerkiksi kiilaamalla ja luiskaamalla tai peittämällä louhepinta. ELY-keskus toteaa, että yleisesti sivukivialueen kiilaaminen ja luiskaaminen tulisi aina tehdä täytön loppuvaiheessa. Todettakoon vielä, että sulkeminen tulee tehdä huolellisesti, jotta sivukivialue ei joudu alttiiksi eroosiolle tai sortumille. Alueelle tulee istuttaa kasvillisuutta mahdollisimman nopeasti peittorakenteiden valmistumisen jälkeen pinta-akerroksen eroosioriskin pienentämiseksi.

ELY-keskuksen näkemyksen mukaan ympäristölupahakemuksessa ja sulkemissuunnitelmassa on asianmukaisesti huomioitu sivukivialueen

KL2 keskiosille sijoittuva luonnonsuojelulain (9/2023) 77 §:n mukainen erityisesti suojeltavan rotkokehräjäkälän esiintymä, jolle ELY-keskus on tehnyt rajauspäätöksen 26.4.2019 (KAIELY/378/2017). Kainuun ELY-keskus katsoo, että sulkemistoimenpiteet suunnitelman mukaisesti toteutettuna eivät hävitä eivätkä heikennä rotkokehräjäkäläesiintymän säilymismahdollisuuksia. Pirttikallion rotkokehräjäkäläkasvustojen suurimpana uhkana nykyisellään ovat mm. kaivosalueelta laskeutuva pöly ja luonnollisten leviämismahdollisuuksien heikkeneminen ympäröivien kaivostointojen vuoksi. Sivukivialueiden maisemoiduttua ja eläinten palatessa alueelle rotkokehräjäkälän luonnolliset leviämismahdollisuudet ajan myötä paranevat. Ympäristölupahakemuksen mukaan sulkemisen aikaiset pölypäästöt eivät juurikaan poikkea toiminnan aikaisesta. Kainuun ELY-keskus toteaa kaikkien pölyämisen hallitsemiseksi käytettävien toimenpiteiden olevan hyödyllisiä myös rotkokehräjäkälän kannalta.

Sivukivialueen KL2 sulkemista on käsitelty vuonna 2017 vireillä olleissa kahdessa YVA:ssa (vesienhallinnan YVA ja tuotanto YVA). Kainuun ELY-keskus on antanut perustellun päätelmän vesienhallinta YVA:sta 28.7.2027 (*oikeastaan 28.7.2017*) ja tuotanto YVA:sta 21.12.2017. Lisäksi KL2-sivukivialueen sulkemistoimenpiteitä on käsitelty vuonna 2021 Kolmisoppi-YVA:ssa, josta Kainuun ELY-keskus on antanut perustellun päätelmän 21.2.2022. ELY-keskus toteaa, että YVA on ajantasainen sivukivialueen KL2 sulkemisen osalta.

2. Sotkamon kunnan ympäristönsuojeluviranomainen

Sotkamon kunnan ympäristö- ja tekninen lautakunta lausuu hakemuksesta seuraavaa:

Hakemuksen mukaan sivukivialueen KL2 pohjarakenteiden alapuolissa vesissä on havaittavissa kohonneita metallipitoisuuksia erityisesti nikkelin osalta johtuen alueen luontaisesta mineralogiasta eli mustaliuskeen vaikutuksesta. Kuivatusuomista pohjarakenteen alapuoliset vedet johdetaan nykykäytännöin pumppauskaivojen kautta suotovesialtaiden kautta käsiteltäväksi. Myös sivukivialueen täytön läpi kulkeutuvissa suotovesissä on havaittu kohonneita pitoisuuksia erityisesti alumiinin, kadmiumin, mangaanin, nikkelin, raudan, sinkin ja sulfaatin osalta. Suurimmat sivukivialueen sulkemisen riskit liittyvät alueelle läjitetyn sivukiven happamien suotovesien muodostuksen estämiseen pitkällä aikavälillä. Lautakunta toteaa, että pohjarakenteiden alapuolisia vesiä ja suotovesiä on tarkkailtava vielä pitkään sivukivialueen sulkemisen jälkeen ja suunniteltava tehtävät toimenpiteet mikäli havaitaan, että muodostuvilla vesillä tai suojapumppauksilla on vaikutuksia pohjaveden laatuun tai pinnan korkeuteen.

Hakemuksen mukaan toiminnasta aiheutuva melu ja pöly on tilapäistä. Lautakunta katsoo, että sivukivialueen rakennusaikaista melua tulee tarkkailla ja tarkkailussa tulee huomioida yhteisvaikutus alueen muiden melua aiheuttavien toimintojen kanssa. Lisäksi toiminnanharjoittajalla oltava valmius ryhtyä melun- ja pölyntorjuntatoimenpiteisiin mikäli niiden havaitaan aiheuttavan haittaa lähimmille häiriintyvälle kohteille.

Pölyämisen estämiseksi kuljetusreittejä tulee kastella ja mahdollisuuksien mukaan sijoittaa työvaiheita lumipeitteiselle ajalle.

3. Kajaanin kaupungin ympäristönsuojeluviranomainen

Ympäristöteknisen lautakunnan lupajaosto lausuu Kajaanin kaupungin ympäristönsuojeluviranomaisena hakemuksesta seuraavaa:

Ympäristöteknisen lautakunnan lupajaosto ei näe estettä sivukivialueen KL2 sulkemiseen ja peittorakenteen toteuttamiselle, kun sivukivialueen sulkeminen ja maisemointi toteutetaan lupahakemuksessa esitetyllä tavalla. Sivukivialueen sulkemisella tavoitellaan ympäristövaikutuksien ja -kuormituksen vähentämistä tämänhetkiseen tilanteeseen verrattuna.

Lupahakemuksessa on esitetty millä perusteilla valittuun peittorakenteeseen on päädytty riskipohjaisen arvioinnin pohjalta. Näistä toimivimmaksi ratkaisuksi on siten valittu LLDPE-kalvo yhdessä suojageotekstiiliin ja salaojamaton kanssa. Esitetyssä peittorakenteessa LLDPE-kalvon päälle tulee yhteensä 700 mm paksu kerros maa-aineksia. Peiterakenne maisemoidaan nurmisiemenseoksella, joka auttaa aluetta sulautumaan muuhun maisemaan. Sivukivialueen pohjaveden tarkkailuputkissa on todettu mm. tasaisesti nousevia sulfaattipitoisuuksia, sähköjohtavuuden arvoja sekä ammoniumtypen, raudan ja mangaanin pitoisuuksia, jotka ovat todennäköisesti peräisin myös muusta kaivostoitinnasta.

Lupajaosto näkee, että tämä peittorakennevaihtoehto on todennäköisesti kokonaisuudeltaan toimivin ratkaisu. Lupajaosto pyytää erityisesti huomioimaan, että maa-aineskerroksen rakentamisolueessa käytetään vain puhtaita maa-aineksia.

Lupajaosto esittää, että peittorakenteen, maa-aineskerroksen ja laskeutusaltaiden kuntoa tulee seurata aktiivisesti rakennusvaiheesta alkaen ja mahdolliset poikkeamat korjata välittömästi. Näin varmistetaan se, ettei alueelta kulkeutuisi haitallisia aineita sisältäviä vesiä, jotka voivat aiheuttaa päästöjä purkureiteille ja pohjaveteen.

Lupajaosto näkee, että tarkkailuohjelman mukaisesti suoritettavat vesinäytteet mahdollistavat tarkkailun riittävällä laajuudella ja tällöin huomioi sivukivialueen mahdolliset vesistövaikutukset. Lupajaosto esittää, että vesien tarkkailua on syytä jatkaa niin pitkään, kunnes vesinäytteet täyttävät niiden laatuvaatimukset. Laskeutusaltaiden purkupisteille lisättävät kolme (3) uutta tarkkailupistettä auttavat seurannassa.

Lupajaosto näkee, että ympäristölupahakemuksessa on huomioitu riittävästi kaivospiirialueen ulkopuolella sijaitsevan rotkokehräjäkälän elinympäristön säilyminen. Mikäli toiminnasta aiheutuu sellaisia odottamattomia vaikutuksia rotkokehräjäkälän elinympäristöön, tulee toimintaan puuttua välittömästi ja tarvittaessa keskeyttää toiminta.

4. Geologian tutkimuskeskus

Geologian tutkimuskeskus on antanut yhteisen lausunnon koskien aluehallintovirastossa vireillä olevia Terrafame Oy:n sivukivialueen KL2 (PSAVI/1802/2024) ja KL1 (PSAVI/9228/2024) sulkemissuunnitelmia.

GTK on aiemmin lausunut aiheeseen liittyen mm. Terrafame Oy:n uuden sivukivialueen KL1 ympäristölupahakemuksesta (PSAVI/4347/2020; GTK/319/00.17/2021), Talvivaaran kaivoksen kaivos- ja metallituotannon ympäristö- ja vesitalousluvasta ja toiminnan aloittamisluvasta (PSAVI/261/2017; GTK/812/00.17/2018) sekä Sotkamon kaivos- ja metallituotantoa koskevasta tarkkailuohjelmasta (KAIELY/503/2022, LAPELY/4668/208 ja POSELY/1936/2018; GTK 117/00.17/2023). GTK pyytää huomioimaan soveltuvien osien myös aiemmin lausumansa asiat.

Lupahakemukset liittyvät vahvasti toisiinsa ja niissä on paljon yhteistä materiaalia, joten GTK lausuu yhdellä lausunnolla molemmista lupahakemuksista (PSAVI/9228/2024 ja PSAVI/1802/2024). Lausunto koskee GTK:n asiantuntijoiden toimialaan kuuluvia osia hakemuksesta.

GTK on toteuttanut vuonna 2020 hydrogeologisen tutkimuksen sivukivialueen KL2 ympäristöstä (GTK 2020). Lupahakemuksissa on viitattu ko. selvitykseen, mutta selvityksen aineistoja on käytetty lupahakemuksissa ainoastaan rajallisesti. GTK ei ota lausunnossaan kantaa tekemäänsä tutkimukseen tai siihen liittyviin aineistoihin. Selvityksen laatineet asiantuntijat eivät ole olleet mukana valmistelemassa lausuntoa.

Yleiset kommentit

Molemmat lupahakemukset ovat laajoja kokonaisuuksia, joissa on esitetty kattavasti sivukivialueiden sulkemisen ja ehdotettujen peittorakenteiden tavoitteita, periaatteita, taustatietoja sekä suunnittelua. Peittorakenteiden suunnittelua ohjaa ympäristöluvan määräykset tiivistä peittorakenteesta, minkä pohjalta on päädytty esittämään LLDPE-kalvon käyttöä peittorakenteessa. Suunnittelun tueksi on mm. tutkittu sivukivien pitkäaikaikäkäyttämistä, hyödynnetty hydrologista ja geokemiallista mallinnusta sekä tehty erilaisista peittorakenteista koerakenteita, joiden avulla on haarukoitu optimaalisinta, ympäristöluvan edellytykset täyttävää peittorakennetta.

Terrafamen sivukivialueiden sulkemisen suunnittelu ja toteutus edellyttävät merkittävää huolellisuutta, sillä sivukivialueille läjitetään pääasiassa mustaliuskesivukiveä, joka on hyvin reaktiivista ja voi aiheuttaa hallitsemattomana merkittäviä ympäristöhaittoja. Nykyisen KL2-sivukivialueen suotovesissä pH on alhainen (< 4) ja vedet sisältävät poikkeuksellisen korkeita Zn-, Ni-, Cd-, Al-, U- ja SO_4 -pitoisuuksia. Tämän lisäksi suljettavat sivukivialueet ovat hyvin laajoja kokonaisuuksia, mikä aiheuttaa haasteita tiivispeiton toteuttamiselle sekä vesienjohtamisjärjestelyille. Sivukivialueiden riskinarvioinnissa on nostettu yhtenä mahdollisena riskinä esiin inhimilliset virheet eli huolimaton työskentely peittorakenteen rakentamisessa, joka voi johtaa vaurioihin kalvorakenteessa.

GTK toteaa, että tämän riskin minimoimiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota.

Sivukivialueiden sulkeminen on tarkoitus aloittaa vaiheittaisena vuoden 2024–2025 aikana siten, että molempia sivukivialueita suljetaan yhtä aikaa yhteensä noin 50 hehtaarin alue vuosittain. KL1-alueen sulkemisen aloittaminen priorisoidaan KL2:n sulkemisen aloittamisen edelle tuotannon jatkuvuuden varmistamiseksi. KL2:n sulkemisen on arvioitu kestävän 10 vuotta ja KL1:n rakennusvaiheiden 1–6 sulkemisen enimmillään noin 20 vuotta. Rakennusvaihe 7 suljetaan tämänhetkisen arvion mukaan viimeistään 25 vuoden kuluttua. Sulkemisen vaiheita (ml. peittorakenteiden toteuttamisen ja KL1-kasan rakentamisen vaiheistus, eri vesijakeiden kokoaminen ja johtamisjärjestelyt, vesien käsittelyn toteuttaminen) ja aikataulua olisi ollut hyvä kuvata hakemuksissa selkeämmin esimerkiksi eri vuosia kuvaavana kuvasarjana selitysteksteineen, jotta sulkemisen vaiheet ja toteuttaminen olisi ollut helpompi hahmottaa. Lisäksi olisi ollut hyvä esittää myös sivukivialue KL1:lle vastaava liitekartta peittovaiheiden aikataulullisesta toteuttamisesta kuin KL2:lle oli esitetty. Tosin KL1:n osalta tietoja löytyi osin osana mallinusraporttia.

Sulkemisen vaiheistuksessa olisi tärkeää huomioida, että sivukiven läjitys on jo päättynyt sivukivialueelle KL2, jolloin viiveet sulkemisen toteuttamisessa edistävät sulfidien hapettumisen käynnistymistä ja etenemistä KL2 sivukivissä (ks. myös alla kpl ”Sivukivialueiden sulkeminen”). KL2-alueelle on läjitetty sivukiveä vuodesta 2017 alkaen eikä aluetta ole toistaiseksi peitetty, joten sulfidien hapettuminen on jo käynnissä ko. sivukivialueella.

Vaikka sivukivialueiden sulkeminen on alkamassa viimeistään ensi vuonna, useita peittorakenteiden toimivuutta ja ylläpitoa koskevia kysymyksiä on yhä avoinna ja näitä tutkitaan ja seurataan toiminnan aikana peittämisen edistyessä. Hakemuksissa on esitetty, että peittorakenteiden optimointia tullaan jatkamaan ja niitä voidaan tarpeen tullen korjata ja ylläpitää. Lisäksi on esitetty, että peittorakenteen ylläpito vaatii aktiivisia toimia esim. hakkuiden muodossa. Samaan aikaan on esitetty vakuuden vapauttamista peittämisen edetessä. Tässä yhteydessä olisi ollut hyvä kuvata myös, miten jatko- ja ylläpitotoimet on tarkoitus toteuttaa, ja mihin kriteereihin tai tavoitteisiin peittorakenteiden toimivuutta tullaan peilaamaan. Vakuuden vapauttamisen ja peittorakenteiden toimivuuden varmentamiseksi olisi suositeltavaa esittää sellaiset suotovesien määrään ja laatuun sekä kuormitukseen perustuvat kvantitatiiviset kriteerit, joiden perusteella peittorakenteiden toimivuutta voidaan arvioida eri aikaväleillä, ja joiden toteutuessa sulkemistavoitteiden voidaan katsoa toteutuneen.

GTK pitää hyvänä, että Terrafame on toteuttanut sivukivialueiden sulkemisen tueksi peittorakenteiden testausta kenttämittakaavassa. GTK suosittelee tarkastelemaan kenttätestauksessa varsinaisen peittorakenteen toimivuuden ohella myös sivukivien käyttäytymistä peittorakenteen

alla. Kenttätesteillä olisi hyvä selvittää esimerkiksi rapautuneen mustaliuskeen pitkäaikaikäkäyttymistä tiiviin rakenteen alla, mikä toisi arvokasta lisätietoa sekä mallinnuksen tueksi että sulkemisen onnistumiselle.

GTK katsoo, että ympäristö- ja vesistövaikutusten näkökulmasta myös uraania tulee pitää keskeisenä haitta-aineena.

Alla on esitetty yksityiskohtaisempia kommentteja molempia lupahakemuksia koskien kaivannaisjätteiden karakterisoinnista, sivukivialueiden sulkemisesta, sulkemisen jälkeisistä vesijakeista ja niiden hallinnasta, pohjavesiin kohdistuvista päästöistä sekä sulkemiselle esitetystä tarkkailusta.

Kaivannaisjätteiden karakterisointitiedot sulkemisen suunnittelun pohjana

Sivukiviläjäytykseen päätyvät sivukivet ovat ensisijaisesti mustaliuskeita ja toissijaisesti kiilleliuskeita, kun taas muiden sivukivilajien määrät ovat merkittävästi pienempiä. Kaivannaisjätteiden karakterisointitietoja on esitetty hajanaisesti useassa eri paikassa (suotovesimallinnus, kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma, pitkäaikaistestauksen yhteenvetoreportti). GTK suosittelee vahvasti, että tiedoista koostetaan yhtenäinen raportti liitteineen, jossa esitetään kaikki suunnittelun, mallinnuksen ja arvioinnin kannalta oleelliset karakterisointitiedot. Nykyinen esitystapa vaikeuttaa kaivannaisjätteistä ja jätealueista tehtyjen oletusten, johtopäätösten ja mallinnuksen arviointia. GTK huomauttaa lisäksi, ettei kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma ole tällä hetkellä ajantasainen eikä se sisällä GTK:n näkemyksen mukaan tarpeellisia tietoja sivukivialueiden sulkemisen suunnittelun tueksi. Sivukivien ollessa pääasiassa sulfidipitoisia ja happoa tuottavia mustaliuskeita sivukivien hallinnan ja sulkemisen pääperiaatteisiin ei liity suuria epävarmuuksia, vaan tarve estää ja rajoittaa sulfidimineraalien hapettuminen (rajoittamalla hapen ja veden kulkeutuminen läjitykseen tiiviillä ympäristönsuojelurakenteilla) on yksiselitteinen.

Tarkempia, sulkemissuunnittelua ja kuormitusarvion laatimista tukevia karakterisointitutkimuksia, kuten kosteuskammio- ja kolonnitestejä, on tehty rajallisesta lukumäärästä näytteitä. Pääasialliset sivukivilajit ja vaihtelevat rikkipitoisuudet ovat näissä näytteissä edustettuina. Merkittävää osaa näytteitä koskevien keskeisten selvitysten tuloksista ei ole kuitenkaan esitetty (esim. kosteuskammiotesteissä ja kolonnitesteissä tutkittujen näytteiden mineralogia ja geokemialliset tutkimukset), joten tulosten arviointi oli haastavaa. Esimerkiksi kosteuskammiotestien tulokset olisi ollut hyvä esittää kuvaajien ohella myös numeerisina taulukoina tai liitteinä. Lisäksi olisi ollut tarpeen esittää fysikaaliset parametrit (kuten sivukiven raekokojakaumaa) ja geokemiallisten/mineralogisten ominaisuuksien (esim. sulfidimineraalien) esiintyminen eri raekokoluokissa tukemaan testeistä saatujen tulosten tulkintoja.

Mineralogian ja haitta-aineiden sitoutumisen osalta kaivannaisjätteiden karakterisointi ja tulosten raportointi näyttäytyy puutteellisena. Haitta-

aineiden ensisijaisten isäntämineraalien, pääasiallisten sulfidimineraalien (magneetti- ja rikkikiisun) ja niiden sisältämien haitta-aineiden sekä muiden haitta-aineiden (kuten uraanin) sitoutumismekanismien (erityistapauksena osittain hapettunut sivukivi) tunteminen on lähtökohta haitta-aineiden liikkuvuuden arvioinnille ja suotoveden vedenlaadun mallinnukselle. Näihin vaikuttaa liittyvän merkittävää epävarmuutta ja epäselvyyttä. Epäselvyyttä liittyy mm. päämineraaleina esiintyviin sulfideihin ja niiden mahdollisiin hapetustuotteisiin osittain hapettuneissa sivukivissä. Nämä tekijät ovat keskeisiä ympäristövaikutusten, suotoveden vedenlaadun ja pH:n kehittymisen sekä haitta-aineiden liikkuvuuden suhteen, joten sivukivien karakterisointia olisi hyvä täydentää vielä tältä osin.

Korkean sulfidipitoisuuden omaaviin ja happoa tuottaviin kaivannaisjätteisiin, kuten mustaliuskeeseen, liittyy tiettyjä piirteitä, joilla on keskeinen merkitys sivukivien pitkäaikaikäyttäytymiselle. Näihin lukeutuu mm. mahdolliset eri sulfidimineraalien väliset reaktiot, raudan merkitys sulfidien hapettumisessa, pH-olosuhteiden kehittyminen mikroympäristöissä ja läjityksen mittakaavassa sekä alhaisen pH:n vaikutus silikaattien rapautumiseen ja hapettumis- ja muiden rapautumistuotteiden liikkuvuuteen. Joitakin näistä on sivuttu hakemuksissa, mutta syvällisempää pohdintaa siitä, miten ne vaikuttavat sivukiven pitkäaikaiseen käyttäytymiseen ja peittämisen jälkeisiin olosuhteisiin ei ole esitetty. GTK suosittelee kuvaamaan nämä prosessit sivukivissä ja sivukivialueilla tapahtuvien reaktioiden ymmärtämiseksi ja mallinnuksessa tehtyjen oletusten ja valintojen tueksi sekä epävarmuuksien vähentämiseksi.

Sivukivinä esiintyvissä mustaliuskeissa esiintyy useita eri sulfidimineraaleja, pääasiassa rikkikiisua ja magneettikiisua. Näiden hapettumisprosessit ja reaktiot eroavat toisistaan (ks. esim. Belzile et al. 2004, Langman et al. 2015), joten olisi ollut tärkeää tuoda esiin, miten sulfidien käyttäytymisen (hapettumisprosessien) väliset erot, sekä mahdolliset sulfidien väliset (galvaaniset) reaktiot on huomioitu suunnittelussa. Myös kosteuskammiotestien tulosten tarkastelussa tulisi huomioida eri sulfidimineraalien hapettumisprosessien mahdolliset vaikutukset hapetumistuotteiden vapautumiseen ja pH-olosuhteiden kehittymiseen. Hapettumisprosessiin tehdyt oletukset ovat avainasemassa mm. sulfidien hapettumisnopeuksien arvioinnissa ja suotoveden laadun mallinnuksessa. Hapettumismekanismeilla ja -reaktioilla on vaikutusta esimerkiksi siihen, miten luotettavana hapettumista kuvaavana parametrinä sulfaattipitoisuuksia voidaan pitää. GTK suosittelee kiinnittämään tähän huomiota.

Kiilleliuskeen ominaisuuksiin, pitkäaikaikäyttäytymiseen ja hallintaratkaisuihin vaikuttaa liittyvän epäselvyyttä ja -johdonmukaisuutta. Kiilleliuskeella on havaittu olevan happoa tuottavia ominaisuuksia jätehuolto-suunnitelmassa (2023) kuvattujen näytteiden sekä kosteuskammiotestihin valittujen näytteiden osalta. Tulosten perusteella myös rikkipitoisuudeltaan matalat ($< 0,3 \%$) kiilleliuskenäytteet tuottivat suotovettä, jonka pH oli < 4 . Myös mallinnuksen mukaan happoa tuottamattomien

kiilleliuskeiden suotovedet tulisivat olemaan happamia ($\text{pH} < 4$). Ominaisuuksistaan huolimatta matalan rikkipitoisuuden kiilleliuskeita ollaan läjittämässä KL1:n rakennusvaiheen 7 maapohjaiselle kaivannaisjätealueelle, jonka sulkemistorakaisuksi on esitetty yksinkertainen, suotava peittorakenne. GTK suosittelee, että suunniteltujen ympäristönsuojelurakenteiden pitkän aikavälin riittävyttä arvioidaan edelleen pitkäaikaiskäyttäytymisen, toteutuvien suotovesien laadun ja koko alueelta sulkemisen jälkeisen kokonaiskuormituksen ja vesistövaikutusarvion perusteella. Vain näin voidaan varmistua ratkaisun riittävydestä ja hyväksytävyydestä.

Talkkiliuskeella on todettu olevan happoa tuottavia ominaisuuksia ja siinä esiintyy korkeita Cr ja Ni-pitoisuuksia. Talkkiliuskeen pitkäaikaiskäyttäytymistä on tutkittu kosteuskammiotesteillä, mutta sen määrää läjityksessä pidetään niin vähäisenä (1 %), ettei sitä ole katsottu tarpeelliseksi huomioida mallinnuksessa. Talkkiliuskeen läjitettävät massat ovat kuitenkin suuria, vaikka sen osuus kokonaisuudesta onkin pieni.

Sivukivialueille KL2 ja KL1:n rakennusvaiheiden 1–6 alueille läjitettävä sivukivi on pääasiassa happoa tuottavaa mustaliusketta ja toissijaisesti kiilleliusketta. Sivukivilajien käyttäytymistä on tarkasteltu erillisissä kosteuskammiotesteissä, mutta niiden yhteiskäyttäytymistä ei ole tutkittu. Tämän vuoksi on todennäköistä, että kiilleliuskeesta ja talkkiliuskeesta ja niiden sisältämistä silikaateista ja/tai neutraloivista mineraaleista happamissa pH-olosuhteissa vapautuvien haitta-aineiden määrät tulevat aliarvioituksi kosteuskammiotestin olosuhteissa (ja mallinnuksessa) verrattuna läjityksen olosuhteisiin (erityisesti suotoveden pH). Tähän viittaa myös kosteuskammiotesteihin perustuvien mallinnustulosten erot verrattuna suotovesitarkkailun tuloksiin Al-, Mg- ja Mn-pitoisuuksien osalta.

GTK suosittelee jatkamaan ja kehittämään sivukivien pitkäaikaistestausta läjitys- ja sulkemisolosuhteita paremmin edustavissa olosuhteissa tukemaan sulkemisvaiheen suotoveden vedenlaadun mallinnusta ja sen taustalla olevien oletusten ja käsitteellisten mallien varmistamiseksi. Lisäksi GTK suosittelee hyödyntämään vahvemmin nykyisin muodostuvien suotovesien laatua karakterisoinnin tukena ja lisänä. Nämä seikat tukisivat osaltaan merkittävästi realististen kvantitatiivisten kriteerien asettamista peittorakenteen toimivuudelle ja menestykselle sulkemiselle.

Sivukivialueiden sulkeminen

Sivukivien ominaisuudet huomioiden on ensiarvoisen tärkeää, että sulfidien hapettuminen ja happamien olosuhteiden muodostuminen estetään jo toiminnan aikana ja se on sulfidipitoisten kaivannaisjätteiden hallinnan parhaiden käytäntöjen mukaista. Parhaat käyttökelpoiset teknikat tähtäävät rajoittamaan sulfidien hapettumista rajoittamalla hapen ja veden kulkeutumista sivukiviläjitykseen. Näihin periaatteisiin perustuva vaihteittainen sulkeminen on siten ensiarvoisen tärkeää.

Terrafamen sivukivialueilta aiheutuvan toiminnan aikaisen ja jälkeisen veteen kohdistuvan kuormituksen rajoittaminen perustuu täysin sekä pohja- että pintarakenteiden tiiveyteen, toimivuuteen ja rakenteiden pitkäaikaiseen kestävyyskykyyn. Siksi sen varmistaminen ja seuraaminen, että suunnitellut rakenteet saadaan toteutettua ja ne toimivat suunnitellusti pitkällä aikavälillä huolimatta niihin kohdistuvasta rasituksesta, ympäristöolosuhteista ja tulevasta maankäytöstä on keskeisimpiä tekijöitä menestykselle sulkemiselle. GTK pitää erittäin tärkeänä, että on olemassa selvät ja hyvin perustellut kvantitatiiviset kriteerit, joilla peittorakenteen toimivuutta seurataan (ks. yllä).

Kuten yllä on esitetty, GTK suosittelee, että sivukivialueiden sulkemisen ja sulkemistoimien aikataulua sekä KL2:n ja KL1:n sulkemisen keskinäistä riippuvuutta selvennetään. KL2:n sulkemistoimien viivästymistä KL1:n sulkemisen takia tulisi arvioida myös ympäristövaikutusten, vesienhallinnan ja ympäristöriskien näkökulmasta. KL2:sta olisi tärkeää esittää hakemuksessa alueella nykyhetkellä aiheutuva kuormitus ja sen kehittyminen peittämisen myöhästyessä. GTK toivoo, että sivukivialueilta aiheutuvan kuormituksen pienemiselle esitetään selkeä aikataulu ja kuormitukselle asetetaan kriteerit (ks. alla), joilla sulkemistoratkaisujen toimintaa ja sulkemisen onnistumista sekä mahdollista korjaus- tai parannustarvetta voidaan arvioida.

Peittorakenteissa käytettävät maa-ainekset

Sivukivialueiden KL1 ja KL2 peittorakenteen 500 mm paksu pintamaakerros tullaan tekemään puhtaista, soveltuvista kitkamaista (moreeni, hiekka, sora), ja tarvittavat maa-ainekset saadaan hakemuksen mukaan kaivospiirin alueelta. Sivukivialueen KL1 pintamaakerrokseen tarvittava massamäärä, noin 1,73 Mm³rtr, saadaan lähtökohtaisesti Rajasuon läjitysalueelta, jonka koillisreunaan on jätehuoltosuunnitelman mukaan alettu tähän mennessä sijoittaa sivukivialueen KL1 rakennustoiminnasta peräisin olevia maa-aineksia. Sivukivialueen KL2 pintamaakerrokseen tarvittava massamäärä, noin 1,03 Mm³rtr, esitetään otettavaksi kahdelta maa-ainesten ottoalueelta, joista toinen sijaitsee Rajasuon läjitysalueella ja toinen sen lounaispuolella (KL2 Ympäristölupahakemus, kuva 64, yhteispinta-ala n. 32 ha). Molempien sivukivialueiden pintamaakerroksena voidaan lisäksi käyttää kaivospiirin alueelle varastoituja puhkaita maa-aineksia, joilla tarkoitettaneen pilaantumattomien pintamaiden läjitysalueilla olevia maita (KL1 Ympäristölupahakemus kuva 23), joiden kokonaistilavuus vuonna 2020 oli n. 10 Mm³. Peittorakenteissa tarvittavien maa-ainesten riittävyyden arvioimiseksi olisi hyvä tarkentaa, mikä osuus tästä määrästä on kitkamaata, joka soveltuu teknisiltä ominaisuuksiltaan sivukivialueiden peittorakenteen pintamaakäyttöön.

Hakemuksen mukaan maa-ainesten haitta-ainepitoisuuksia on tutkittu varastoitujen maa-ainesten läjitysalueilla, joten tiedossa on mihin puhkaita pintamaita on läjitetty, mutta maa-aineksia tutkitaan tarvittaessa vielä lisää niiden puhtauden varmistamiseksi ennen peittorakenteen rakentamista. Hakemusdokumenteissa on kuitenkin esitetty suhteellisen

suppeasti puhtaiden pintamaiden analyysituloksia. Jätehuoltosuunnitelman mukaan (kpl 4.2.2) vuonna 2006 on tehty moreenien liukoisuus- ja haponmuodostusominaisuuksien selvitys ja jätehuoltosuunnitelmassa on esitetty sen pohjalta metalli- ja puolimetallipitoisuuksia viideltä alueelta. Alueita tulisi vielä tarkentaa hakemukseen, sillä toistaiseksi alueiden sijainti on kuvattu hakemuksessa puutteellisesti (viittaus jätehuoltosuunnitelman kuvaan 6-1, jossa pilaantumattomien pintamaiden sijainnit on esitetty koodeilla 1C-18C). Hakemuksessa olisi ollut kaiken kaikkiaan hyvä esittää täsmällisemmin pintamaakerrokseen teknisiltä ominaisuuksiltaan soveltuvien maa-ainesten määrät, sijainnit ja haitta-ainepitoisuudet sekä laatukriteerit puhtaille pintamaille. Tämä on erityisen tärkeää siksi, että hakemuksen mukaan sivukivialueiden peittorakenteen päältä muodostuvan pintavalunnan on esitetty olevan sulkemisen jälkeä puhdas vesijae, josta ei aiheudu kuormitusta.

Peittorakenteisiin suunniteltujen maa-ainesten ottoalueilta on suositeltavaa tehdä hyvissä ajoissa riittävät pohjatutkimukset, jotta voidaan varmistua maa-ainesten soveltuvuudesta peittorakenteisiin. Pohjatutkimukset oli tehty Rajasuon läjitysalueelta, mutta suuremmalta maa-ainesten ottoalueelta tutkimukset vielä puuttuivat. Lisäksi olisi hyvä esittää tarkkailuohjelmassa kuvattu suunnitelma maa-ainesten kertaluontoisesta testaamisesta maa-ainesten sijoituspaikan ja käyttömahdollisuuksien selvittämiseksi.

Sivukivialueiden sulkemisen jälkeiset vesijakeet ja niiden hallinta

Suotovesien hallinta

Hakemusten mukaan suotovedet kootaan toiminnan aikana sivukivialueilta suotovesikanaalien avulla suotovesialtaisiin (DP-altaat) ja ilmeisesti kanaalit toimivat vielä sulkemisen jälkeenkin suotovesien keräämisessä sivukivialueilta. GTK pyytää tarkentamaan hakemukseen suotovesikanaalien tiedot, sijainnit ja toimintaperiaatteet, jotta niiden toiminta kaivostoiminnan aikana ja merkitys sulkemiselle olisi helpompi ymmärtää. Lisäksi GTK toivoo kuvattavan, miten suotovesikanaalit toimivat suhteessa peittoon rakennettavaan tiiviskalvorakenteeseen, joka tullaan hakemuksen mukaan hitsaamaan pohjarakenteessa olevaan kalvoon kiinni.

Sivukivialueiden sulkemisen jälkeen sivukivikasoilla mahdollisesti muodostuvia suotovesiä varaudutaan yhä johtamaan Kuusilammen avolouhoksen toiminta-aikana DP-altaiden kautta prosessikiertoon tai vesienkäsittelyyn ja louhoksen toiminnan päättymisen jälkeen Kuusilammen louhosjärveen. GTK pyytää esittämään arviot sulkemisen jälkeisten suotovesien kokonaismääristä ja muodostumisen syistä sekä kuvaamaan tarkemmin niiden kokoamista sivukivialueilta sekä johtamista avolouhokseen. Hakemuksessa esitetyt vaihtoehdot esimerkiksi suotovesien johtamiselle KL2-sivukivialueelta suotovesialtaiden käytöstä poiston jälkeen eivät vaikuta realistisilta. Vastaavasti GTK toivoo esitettävän molempien sivukivikasojen osalta arvioita eri sulkemisivaiheissa muo-

dostuvien suotovesien määristä ja tarkempaa kuvausta vesien johtamisjärjestelyistä. Lisäksi olisi hyvä tarkentaa, onko suotovesien muodostumisessa huomioitu pohjakalvon rikkoutumiseen liittyvää riskiä.

Suotovesien vedenlaatu ja kuormitus nykytilanteessa

Sivukivialueen KL2 yhteydessä suotovesiä ja alueen muita vesiä kokoaerien DP4- ja DP5-altaiden tarkkailutulosten perusteella suotovesien pH on hyvin hapan ja suotovesissä esiintyy useita haitta-aineita poikkeuksellisen korkeita pitoisuuksia, mikä viittaa niiden merkittävään liikkuvuuteen. Hyvin korkeiden pitoisuuksien merkittävyyttä lisää suotovesien määrä ja sivukivialueiden laajuus. GTK:n näkemyksen mukaan myös uraani tulisi lukea suotovesissä keskeiseksi haitta-aineena.

GTK pitää merkittävänä puutteena, ettei hakemuksissa ole esitetty suotovesien tarkkailutuloksiin perustuvaa arviota KL2:lta nykyhetkellä aiheutuvasta kuormituksesta. GTK kaipaa myös selontekoa ja perusteltua näkemystä siitä, missä määrin KL2:n suotovedet saadaan kerättyä DP-altaisiin ja missä määrin vesijakeiden pitoisuuksiin vaikuttaa laajemmalla valuma-alueelta peräisin olevat puhtaat vedet. Tämä tulisi ottaa huomioon myös kuormitusarviossa ja suotoveden mallinnustuloksiin vertailtaessa. Useat eri seikat vaikuttavat altaisiin kerätyissä vesissä havaittaviin pitoisuuksiin. Esimerkiksi puhtaampien vesien sekoittuminen sivukivialuetta laajemmalla valuma-alueelta ja se, ettei suotovesiä saataisi kokonaisuudessaan kerättyä altaisiin johtaisi pitoisuuksien laimennemiseen. Selonteossa ja arvioinnissa tulisi hyödyntää tarkkailutuloksia ja geokemiallisia arvioita.

KL2-sivukivialueen tiivisrakenteen alapuolisen kallioperän on esitetty olevan nykytilassa merkittävä kuormituslähde KL2:n pohjarakenteen alapuolelta kerättävissä vesissä. Toisaalla hakemuksessa on mainittu, että KL2-sivukivialueen pohjaveden tarkkailuputkissa havaitut tasaisesti nousevat sulfaatti-, ammoniumtyppi-, rauta- ja mangaanipitoisuudet sekä sähkönjohtavuus ovat todennäköisesti peräisin myös muusta kaivostoinnasta. GTK toivoo selvennystä siihen, miten suuren osan kuormituksesta arvioidaan aiheutuvan kallioperästä ja miten tämä on huomioitu sulkemisvaiheen kuormituksessa sekä mikä muu toiminta on voinut aiheuttaa KL2-alueen pohjavesiputkissa havaitut kohonneet pitoisuudet (ks. myös alla). Näiden lisäksi olisi hyvä pohtia, voiko KL2-sivukivialueelle sijoitetuilla sivukivillä ja niistä kalvon läpi mahdollisesti suotautuvilla vesillä olla osuutta kuormitukseen. Tähän liittyen olisi suositeltavaa kuvata sivukivialueiden pohjakalvon alapuolelle läjitystoiminnan aikana kertyneiden vesien määrät vuositasolla.

Terrafame on toteuttanut erilaisia peittorakennetestejä sulkemissuunnitelun tueksi ja testien tuloksista on esitetty yhteenveto. Peittorakennetestien yhteydessä ei kuitenkaan ole esitetty suotoveden vedenlaatuun liittyviä tuloksia tai havaintoja. Vesimäärien lisäksi olisi hyvä esittää, mitä havaintoja testeissä on tehty koskien suotoveden laatua sekä miten tulokset tukevat esitettyjä oletuksia, suotoveden laadun mallinnustuloksia ja kuormituksen nopeaa vähenemistä.

GTK on aiemmin lausunut Terrafamen tarkkailuohjelmasta ja viittaa aiempaan lausuntoonsa. GTK toteaa kuitenkin, että tarkkailutulosten käyttökelpoisuutta ja hyödyllisyyttä erityisesti pitkäaikaiskäyttämisen, mallinnustulosten ja oletusten arvioinnissa rajoittaa rajallinen alkuaikanevalikoima ja se, ettei totaali- ja liukoisia pitoisuuksia ole määritetty riittävän systemaattisesti. Yhtenä tärkeimpänä sulfidin hapettumista indikoivana parametrinä käytetään sulfaatin pitoisuuksia ja siksi olisikin tärkeää varmistaa, onko rikin hapettuminen täydellistä ja esiintyykö rikin muita hapetusasteita vesijakeissa. Erityisesti magneettikiisun hapettumismekanismi voi johtaa rikin esiintymiseen välihapetusasteilla (ks. yllä). Tällaisissa tapauksissa sulfaattipitoisuudet voivat johtaa sulfidien hapettumisen aliarviointiin. Rikin välihapetusasteet vaikuttavat myös pH-olosuhteiden kehittymiseen.

Suotovesimallinnus ja sulkemisen jälkeinen kuormitus

Esitetty suotoveden vedenlaadun mallinnus on toteutettu kosteuskammiotestien tulosten skaalaamisen pohjalta nojautuen peittorakenteelle esitettyihin toiminnallisiin tavoitteisiin. Toiminnallisten tavoitteiden perusteella sulkemisen jälkeisen happivuon on oletettu olevan n.

1 mol $O_2/m^2/v$ ja suotautumisen vastaavan noin 5 % nettosadannasta. Oletusten on todettu johtavan suotovesissä esiintyvien pitoisuuksien yliarvioon ja mallinnuksen on esitetty olevan monella tapaa konservatiivinen.

Mallinnuksessa on tehty lukuisia oletuksia, mikä on yleensä välttämätöntä. Näitä oletuksia, niiden perusteita ja niiden pohjalla olevaa käsitteellistä mallia olisi tullut kuvata ja perustella riittävällä tasolla, jotta mallinnuksen luotettavuutta olisi ollut mahdollista arvioida. Joihinkin näistä liittyy epäjohdonmukaisuutta ja keskinäisiä ristiriitaisuuksia. Oletuksiin liittyvät epävarmuudet eivät heijastu esitystapaan, eikä oletusten merkitystä tai epävarmuutta ole tarkasteltu tai esitetty riittävästi.

Joitakin keskeisiä oletuksia, joita tulisi avata ja perustella tarkemmin, ovat mm. seuraavat:

- Minkä sulfidimineraalien hapettumisreaktioihin mallinnuksessa oletetut hapen ja sulfidinhapettumisen tuotteiden suhteet perustuvat? Millaista epävarmuutta aiheutuu mahdollisesta virheellisestä oletuksesta?
- Mihin lähteisiin ja aineistoihin perustuvat mallinnuksessa käytetyt skaalaus- ja huuhtoutumiskertoimet?
- Onko sulfidien hapettumisessa liukenevan rikin oletettu hapettuvan täysin sulfaatiksi, onko tästä varmistuttu kosteuskammioiteissa ja/tai miten tähän liittyvä epävarmuus on huomioitu pH:n ja sulfaatin vapautumisen mallinnuksessa?
- Missä osassa läjitystä oletetun raudan hapettumisen ja saostumisen oletetaan tapahtuvan? Missä määrin arvioidaan, että rauta voisi ylläpitää sulfidien hapettumista?
- Miten oletettu raudan hapettuminen ja saostuminen on huomioitu pH:ssa? Miten pH-olosuhteiden kehittämisessä on huomioitu

muiden metallien (mukaan lukien silikaateista happamissa olosuhteissa vapautuvan alumiinin) ja niiden hydrolyysireaktioiden vaikutus?

- Kuinka riippuvaisia ovat haitta-aineiden pitoisuudet raudan oletusti ”riittävästä määrästä” ja saostumisesta? Minkä muiden sekundääristen mineraalien saostuminen on sallittu?
- Onko oletus haitta-aineiden sitoutumisesta raudan saostumiin perusteltu sulkemisen jälkeisissä olosuhteissa?
- Miten tasapainomallinnuksen redox-olosuhteet on määritetty ja miten hyvin nämä vastaavat läjityksen olosuhteita (sulkemisen jälkeen)?
- Millaista epävarmuutta liittyy raudan ja muiden liuenneiden aineiden (erityisesti redox-sensitiivisten haitta-aineiden) käyttäytymiselle?
- Miten sekundääriset mineraalit on huomioitu happamuuden ja haitta-aineiden mahdollisena lähteenä osittain hapettuneessa sivukivessä (ks. esim. Kaasalainen et al. 2019) ja raudan hydroksidien oletetun saostumisen yhteydessä?
- Mihin perustuu arvio, etteivät KL2 sivukivien hapettuminen pääse koskaan etenemään yhtä pitkälle kuin kosteuskammiokeissa, vaikka sivukivialueelle on aloitettu läjitys jo seitsemän vuotta sitten eikä aluetta ole vielä peitetty?
- Mihin perustuu sulfidimineraalien hapettumisessa muodostuvan lämmön huomioimatta jättäminen? Tukevatko sivukivikasoista ja suotovesimääristä tehdyt havainnot tätä oletusta?

Mallinnus perustuu oletukseen mustaliuskeen ja kiilleliuskeen määrsuhteista, eikä talkkiliusketta ole huomioitu mallinnuksessa johtuen sen vähäisestä määrästä (1 %). Oletuksena on, että sivukivien reaktiot ovat toisistaan riippumattomia ja niiden yhteiskäyttäytyminen voidaan ”mallintaa” yksittäisen kivilajin kosteuskammiotestin perusteella. Mineraalien rapautumiseen ja rapautumisnopeuteen vaikuttavat kuitenkin useat tekijät, joista yhtenä tärkeimpänä ovat pH-olosuhteet. pH-olosuhteet vaikuttavat mm. silikaattimineraalien sekä kiille- ja talkkiliuskeen käyttäytymiseen ja rapautumisnopeuksiin. Toisaalta silikaattien rapautuksessa liukenevilla metalleilla (erityisesti alumiinilla) ja niiden hydrolyysireaktioilla, voi olla merkittävä pH:ta laskeva vaikutus. Nämä tekijät jäävät käytännössä huomiotta mallinnuksessa. GTK suosittelee selvittämään eri kivilajien yhteiskäyttäytymistä pitkäaikaistestein (ks. yllä). Myös mallinnustulosten ja tarkkailutulosten vertailu ja tarkastelu olisi tässä suhteessa hyödyllistä.

Mallinnukseen ja mallinnuksessa tehtyihin oletuksiin liittyvien epävarmuuksien ymmärtämistä ja tulosten merkitystä lisäisi numeeristen mallinnustulosten esittäminen ja raportointi välivaiheittain sekä mallinnuksen ja mallinnustulosten tarkastelu prosessilähtöisesti. GTK suosittelee tarkastelemaan ja esittämään, miten herkkiä mallinnustulokset (ensisijaisesti kuormituksen muodossa) ovat happivuolle, skaalaus- ja huuhtoutumiskertoimelle, sulfidimineraalien hapettumisreaktioista tehdyille oletuksille, suotoveden määrälle, redox- ja pH olosuhteista tehdyille oletuksille sekä raudan hydroksidien mahdolliselle saostumiselle.

Esitetyssä mallinnuksessa on ensisijaisesti kyse kosteuskammiotestitulosten skaalaamisesta isompaan mittakaavaan. Lisäksi on valikoiden hyödynnetty tasapainomallinnusta. Mallinnus ei siis kata vesi/kivi(mine-raali)-vuorovaikutusten reaktiopohjaista tai kineettistä mallinnusta, tai reaktiivista kulkeutumismallinnusta. GTK suosittelee hyödyntämään ja vertaamaan tuloksia muilla mallinnusmenetelmillä tehtyihin mallinnuksiin, jotka mahdollistaisivat paremmin eri sulfidimineraalien reaktioiden, silikaattimineraalien rapautumisen sekä suotoveden pH- ja redox-olosuhteiden kehittymisen ja yhteisvaikutusten arvioimisen suhteessa suotoveden vedenlaatuun. Mallinnuksen kehittäminen, prosessilähtöinen tarkastelu ja useampien eri mallinnusmenetelmien hyödyntäminen ja vertailu edistäisi myös peittorakenteen toimivuuteen liittyvien riskien arviointia sekä kvantitatiivisten ja realististen kriteerien asettamista peittorakenteen toimivuudelle ja menestyksekkäälle sulkemiselle.

Looginen ja yksinkertainen vertailukohta suotovesimallinnukselle olisi KL2:n sivukivialueella nykyhetkellä aiheutuvan kuormituksen mallinnus ja sen vertaaminen tarkkailutulosten perusteella arvioituun kuormitukseen. Tätä tarkastelua ei kuitenkaan ole tehty, vaan on tyydytty vertailemaan suoraan suotovesimallinnuksen mukaisia pitoisuustasoja ja DP4/DP5-altaissa havaittuja pitoisuuksia. Pitoisuuksien suoraan vertailuun liittyy kuitenkin useita haasteita, kuten yllä on esitetty. Vertailussa on havaittavissa selviä eroja mm. Al-pitoisuuksien suhteen, mutta syitä näihin eroihin tai niiden merkityksiä ei kuitenkaan ole avattu tai tarkasteltu. GTK suosittelee kiinnittämään tähän huomiota.

Sulkemisvaiheen mallinnustulosten tarkastelu suhteessa nykytilanteeseen sekä vertailu muilla samankaltaisilla kohteilla esiintyvien suotovesien laatuun on keskeinen osa mallinnustulosten uskottavuuden arviointia. Esitettyjen mallinnustulosten perusteella sulkemistoimet johtaisivat esimerkiksi sulfaattipitoisuuden putoamiseen kymmenistä grammoista per litra muutamaan kymmeneen milligrammaan litrassa, eli n. promilleen tarkkailun mukaisista pitoisuuksista. Mallinnustulosten perusteella, nykyinen suotovesimäärä karkeasti arvioiden, tulee myös metallien kuormitus putoamaan metallien osalta yli 99,99 %. Nämä tulokset eivät esittäydy realistisina suhteessa nykytilanteeseen, sivukiviläjityksen paksuuteen ja pieneen vesimäärään, eivätkä suhteessa vedenlaadultaan ehdotettujen ”puhtaan” pintavalunnan raja-arvojen mukaisten pintavaluntavesien mahdollisesti aiheuttamaan kuormitukseen. Tulokset ovat myös hyvin poikkeavia verrattuna kaivosten sivukivien yleiseen vedenlaatuun, vaikka kyseessä on yksi reaktiivisimmista sivukivistä. GTK toivoo selvennystä siihen, voidaanko esitetyistä mallinnustuloksista merkittävästi poikkeavia pitoisuuksia sisältävien suotovesien katsoa lähtökohdaisesti viittaavaan siihen, ettei peittorakenne toimi ja on tarve käynnistää korjaavia toimenpiteitä. Jos näin on, niin olisi hyvä esittää, millä aikataululla tilannetta tullaan arvioimaan ja käynnistämään tarvittavat toimenpiteet.

Mallinnustulosten esittämisen yhteydessä olisi hyvä lisäksi tarkentaa, mitä ajanjaksoa/sulkemisen vaihetta tulokset kuvaavat. Lisäksi olisi ha-

vainnollista, jos mallinnuksella olisi mahdollista tuottaa molempien sivukivialueiden osalta arvioita kuormituksen muutoksista eri sulkemisvaiheittain. Lisäksi GTK näkee tarpeelliseksi, että sivukivialueilta (yksittäisiltä ja kaikilta yhteensä) aiheutuville kokonaiskuormituksille esitetään arviot (ks. alla).

Pintavalunta

Peittorakenteen asentamisen jälkeen noin 95 % nettosadannasta oletetaan kulkeutuvan pintavaluntana peittorakenteen päällä. Tämä asettaa korkeita vaatimuksia pintavalunnan pitkäaikaisille hallintaratkaisuille. Peitettävien alueiden pinta-ala huomioiden myös pintavalunnan vedenlaadulla tulee olemaan keskeinen rooli toiminnan aikana alueelta aiheutuvan kuormituksen muodostumisessa. Hakemuksen mukaan pinta-maakerroksessa tullaan käyttämään puhtaita maa-aineksia ja pintavalunnan on esitetty olevan puhdas vesijae, josta ei aiheudu tulevaisuudessa kuormitusta.

Hakemuksessa on kuitenkin esitetty ns. puhtaan pintavalunnan laatukriteereiksi seuraavaa: Ni 100 µg/l, Zn 500 µg/l, U 10 µg/l ja sulfaatti 200 mg/l. Hakemuksessa esitetään ko. vesiä johdettavaksi ympäristöön, kun vesien pitoisuudet ovat em. laatukriteerien mukaisia tai pienempiä. Olisi hyvä vielä perustella, miksi pintavalunnan laatukriteerien tulisi olla tällä tasolla huomioiden muu hakemuksessa esitetty (esim. puhtaista maa-aineksista muodostuu puhdas vesijae, sivukivialueen mallinnustulosten mukaisten suotovesien laatu selvästi alle näiden raja-arvojen) sekä avata laatukriteerien perusteita tarkemmin. Lisäksi olisi hyvä kuvata nämä laatukriteerit huomioiden, miten suljettujen sivukivialueiden pintavalunnasta aiheutuva kuormitus suhtautuu suotovesistä aiheutuvaan kuormitukseen ja muilta alueilta aiheutuvaan kuormitukseen pitkällä aikavälillä sekä arvioida ympäristöön johdettavien pohjarakenteen alapuolisten ja peittorakenteen päältä tulevien vesien yhteiskuormitusta muiden kuormituslähteiden kanssa.

Avolouhos

Sivukivialueiden suotovedet on jatkossa esitetty johdettavaksi avolouhokseen (tulevaan louhosjärveen). Avolouhos tulee olemaan keskeisessä asemassa pitkän aikavälin vedenhallinnassa. Siksi sinne johdettavista suotovesistä aiheutuvan kuormituksen hyväksyttävyyttä ei ole mahdollista tarkastella ilman, että on esitetty arviota tulevan louhosjärven vedenlaadusta ja vedenlaadun tavoitteista sekä vesien kulkeutumisesta rapautuneen kallioperän tai siirrostien kautta pohja- ja pintavesiin. GTK suosittelee täydentämään näitä asioita hakemukseen.

Sivukivialueilta ja koko kaivosalueelta aiheutuva kuormitus pitkällä aikavälillä

Sulkemisen jälkeinen kuormitus sivukivialueilta tulisi esittää ja sitä tulisi tarkastella suhteessa muuhun alueelta pitkällä aikavälillä aiheutuvaan kuormitukseen suhteessa vastaanottavien vesistöihin vedenlaatuun ja

alueelle sulkemisen jälkeen muodostuvien vesien (louhosjärven, mahdollisten lampien) vedenlaadulle asetettuihin tavoitteisiin. GTK toivoo kvantitatiivista arviota siitä, milloin vedenlaatu paranee sille tasolle, ettei aktiivista vedenkäsittelyä tarvita.

GTK suosittelee vahvasti, että sivukivialueilta (yksittäisiltä ja kaikilta yhteensä) aiheutuvalle kokonaiskuormitukselle esitetään arvio huomioon, että sulkemisen jälkeinen kuormitus sivukivialueilta muodostuu sivukivikasojen suotovesistä, pohjarakenteiden alapuolisen kallioperän sekä pohja- että pintarakenteissa käytetyistä materiaaleista aiheutuvasta kuormituksesta.

Sivukivialueilta pohjavesiin kohdistuvat päästöt ja niiden hallinta

Mahdollisiin pohjavesiin kohdistuviin riskeihin on varauduttu sivukivialueilla suojapumppauksin ja salaojin, mutta pohjan alapuolisia suojausjärjestelyjä ei ole esitetty kuin rakenteen havainnekuvoin tai ne ovat hankalasti löydettävissä hakemuksista ja niiden liitteistä. GTK pyytää tarkentamaan, missä salaojat kulkevat ja missä pumppaukset sijaitsevat. Lisäksi olisi tarpeellista kuvata, milloin suojapumppauksista aiotaan luopua ja millä perusteilla.

Hakemusten kuvissa 24 (KL2) ja 32 (KL1) on esitetty vain kaivospiirin alueella sijaitsevat ruhjeet sekä arvioidut pohjavesien virtaussuunnat. Lupahakemuksessa tulisi esittää myös KL2-sivukivialueen itäpuolella ja kaivosalueen ulkopuolella sijaitsevat kallioruhjeet ja pohjavesien virtaussuunnat sekä käsitellä alueiden sulkemisen vaikutusta niihin. Oleellista olisi kuvata, mihin pohjavedet virtaavat kaivosalueen ja KL2-sivukivialueen itäpuolella nyt ja toiminnan päätyttyä. KL1-sivukivialueella pohjavedet virtaavat hakijan mukaan luonnollisesti useampaan suuntaan, mutta kuivatuspumppauksesta johtuen päävirtaussuunta olisi tällä hetkellä louhokseen päin. Lupahakemuksessa olisi hyvä esittää, muuttuuko tilanne alueiden sulkemisen sekä suoja- ja kuivatuspumppauksen lopettamisen jälkeen, koska etenkin etelään suoalueille virtaavien pohjavesien riski tulisi kartoittaa ennen lopullista sulkemissuunnitelmaa. Yksi virtaussuunta on bioliuotuskasojen suuntaan. Niiden länsipuolella on ainakin kuvan 32 perusteella vettä hyvin johtava ruhje. Tältä osin olisi syytä täsmentää, onko sivukivialueen pohjavesien ja ruhjeen välillä yhteyttä, jonka kautta mahdollisesti pilaantuneita pohjavesiä voisi päätyä laajemmalle alueelle. Lisäksi olisi hyvä kuvata, onko tähän liittyviä mahdollisia riskejä arvioitu ja huomioitu riskinhallinnassa.

Tällä hetkellä osassa sivukivialueiden lähellä sijaitsevilla pohjavesiputkissa on havaittu sekä pinnan alenemista että haitta-aineiden pitoisuuksien nousua. Pinnanlaskun arvellaan johtuvan kuivatuspumppauksesta ja ruhjeiden läheisyydestä. Pitoisuuksien nousulle ei kaikissa putkissa ole löydetty syytä, mutta toisaalta kohonneiden pitoisuuksien esitetään johtuvan alueen kallioperän kemiasta tai muusta kaivostoiminnasta. Pitoisuuksien nousu on paikoin kuitenkin huomattavaa, eikä vastaavia pitoisuuksia ole havaittu taustapitoisuustutkimuksissa. Toisaalta KL2-

alueen putket sijaitsevat pääosin alueen itälaidalla loitolla muusta kaivostoiminnasta, eikä hakemuksessa ole perusteltu, miten kohonneet pitoisuudet voisivat johtua muusta toiminnasta, vaikka kuivatuspumppauksen johdosta pohjavesien virtaus suuntautuu tällä hetkellä kohti avolouhosta ja muuta kaivostoimintaa, eikä KL2-aluetta päin. GTK suosittelee vielä arvioimaan asiaa (ks. myös yllä).

Kuten aiemmin on todettu, alueista aiheutuvaa kokonaiskuormitusta ei ole hakemuksessa esitetty, joten sen muutosta sulkemisen myötä ei ole mahdollista arvioida luotettavasti hakemuksen perusteella. GTK suosittelee arvioimaan, voiko sulkemisesta ja myöhemmin suojaumpppauksen sekä kuivatuspumppauksen loppumisesta muodostua pohjavesivaikutuksia myös kaivosalueen ulkopuolelle, jos kuivatuspumppaus, ja mahdollisesti myös suojaumpppaus, estää tällä hetkellä pohjavesien pilaantumista alueella. Hakemuksen mukaan pohjavesien virtaussuunta pysyisi louhokseen päin ainakin Kuusilammen eteläpuolella myös kuivatuspumppauksen loputtua ja louhoksen täytyttyä. Tälle olisi ollut hyvä esittää perustelut. Hakemuksessa olisi ollut myös hyvä kuvata, mihin vesi päättyy louhoksesta, kun kuivatuspumppaus loppuu, ja voiko tällä olla vaikutusta pohjavesien laatuun kaivosalueella tai sen lähistöllä. GTK muistuttaa, että hakemuksen mukaankin alueella esiintyy isoja malminsuuntaisia ja siten avolouhoksesta vettä mahdollisesti kuljettavia ruhjeita.

GTK toivoo tarkempaa selvitystä alueen pohjavesivaikutuksista, nykyisestä kuormituksesta, pohjavesien virtaussuunnista ja niiden muutoksista sulkemisen jälkeen.

Sivukivialueiden sulkemisen aikainen ja jälkeinen tarkkailu

Rakennusvaiheessa KL2-sivukivialueen peiton toimivuutta aiotaan seurata lysimetrein vain ensimmäisen peitetyn alueen osalta. Hakemuksessa olisi hyvä perustella, millä tavoin yhden alueen peittäminen riittää takaamaan muiden alueiden toimivuuden. KL1-sivukivialueen peittorakenteen toimivuutta aiotaan tarkkailla suotoveden laadun ja määrän perusteella ja vain tarvittaessa lysimetrein. Myös tätä olisi hyvä tarkentaa, millä perusteella määritellään, milloin käytetään lysimetriseurainta.

GTK suosittelee, että tarkkailussa huomioidaan tarve riittävän laajalle alkuainevalikoimalle, totaali- ja liukoisten pitoisuuksien määrittämiselle ja sivukivialueilta aiheutuvan kuormituksen selvittämiselle, jotta hakemuksessa esitettyjen arvioiden toteutumista ja ehdotettujen rakenteiden toimivuutta voidaan arvioida. Uraania tulee pitää keskeisenä haitta-aineena. Sulfaatin lisäksi GTK suosittelee lisäämään kokonaisrikin tarkkailuun.

Yhteenveto

Terrafame on hakenut kahta ympäristölupaa Sotkamon kaivoksen sivukivialueiden sulkemiseksi ja peittorakenteiden toteuttamiseksi. GTK on lausunut molemmista ympäristölupahakemuksista samalla lausunnolla.

Lupahakemukset ovat laajoja kokonaisuuksia, joissa on esitetty sulkemisen ja ehdotettujen peittorakenteiden tavoitteita, periaatteita, taustoja ja suunnittelua. GTK toteaa, että kyseisten sivukivialueiden sulkeminen edellyttää merkittävää huolellisuutta sekä sulkemisen suunnittelulta että toteutukselta, sillä sivukivialueille loppusijoitettavien mustaliuskeiden ympäristövaikutusten hallitseminen on haastavaa.

GTK on nostanut lausunnossaan esiin täydennys- ja tarkennustarpeita liittyen mm. vaiheittaisen sulkemisen toteuttamisen sekä suotovesien hallinnan kuvaamiseen, kaivannaisjätteiden karakterisointiin, sulkemisen jälkeisten vesien laadun ja kuormituksen mallintamiseen ja arvioimiseen, peittorakenteisiin soveltuvien maa-ainesten riittävyteen ja puhautauden osoittamiseen, sivukivialueiden pohjavesipäästöjen arvioimiseen sekä ehdotettuun tarkkailuun.

GTK on kiinnittänyt erityisesti huomiota sulkemisen tueksi toteutetun mallinnuksen epävarmuuksiin ja korostaa, että mallinnuksen tulosten realistisuutta tulisi peilata mm. suhteessa toteutuneisiin suotoveden laatuihin. Sivukivialueiden sulkemisen suunnittelun tueksi olisi ensiarvoisen tärkeää arvioida sivukivialueilta aiheutuvaa kokonaiskuormitusta huomioiden kaikki eri vesijakeet, joita alueella muodostuu. Lisäksi sulkemisen onnistumiselle tulisi määritellä yksiselitteiset kvantitatiiviset kriteerit ja toimenpiteet, joihin ryhdytään, jos kriteerit eivät täyty.

5. Säteilyturvakeskus

Terrafame Oy esittää sivukivialueen KL2 ympäristöön johdettaville vesille uraanipitoisuuden laatukriteeriksi 10 µg/l. Tämä vastaa nykyisessä ympäristöluvassa olevaa rajaa uraanipitoisuudelle päästövesissä. Luonnonsäteilyaltistuksen näkökulmasta ympäristöön johdettavien vesien uraanipitoisuuden raja 10 µg/l on hyväksyttävä, koska tällöin väestön luonnonsäteilyaltistus on pienempää kuin vähäisen päästön raja-arvo 0,1 mSv/v.

Terrafame Oy:n sivukivien uraani- ja toriumsarjojen luonnon radioaktiivisten aineiden pitoisuudet (<0,3 Bq/g) ovat selvästi pienempiä kuin säteilylainsäädännössä asetettu selvitys- ja vapauttamisraja uraani ja toriumsarjan radionuklideille kiinteissä aineksissa (1 Bq/g), joten työntekijöiden ja väestön luonnonsäteilyaltistus ulkoisen gammasäteilyn ja pölyn hengittämisen kautta ei ole viitearvoja suurempaa sivukivialueen KL2 sulkemisen aikana tai sen jälkeen. Säteilylain 84 §:n mukaista STUKin hyväksyntää jätteiden loppukäsittelylle ei tarvita tässä tapauksessa.

Sivukivialueen KL2 peitterakenteen toimivuuden seuranta sekä suotovesien keräystä, käsittelyä ja tarkkailua (mukaan lukien uraani) tulisi jatkaa koko kaivostoiminnan ajan. Seurannasta kerättävä tieto tulee hyödyntää suunniteltaessa muiden sivukivialueiden ja sekundäärikasojen sulkemista.

Muistutukset ja mielipiteet

6. Pirhonen Leena ja Huotari Veikko (765-402-51-25 Niemelä ja 765-402-51-24 Leppärinne)

Muistuttajat/naapurikiinteistöjen omistajat katsovat, että sivukivialueen vaaralliset jätteet eivät ole eivätkä tule riittävän turvallisesti käsitellyiksi. Peittorakenne kalvoineen ei ole aikaa myöten kestävä. Vesien ohjautumisesta lähialueella aiheutuu haitallisia vaikutuksia, mm. valumavesien ja pohjaveden puhtaudesta ei ole takuita ottaen huomioon yhtiön julkisuudessa esittämät vaateet suojanormeista poikkeamiselle toimintansa tärkeyteen vedoten.

7. Suomen luonnonsuojeluliiton Kainuun piiri ry; Kansalaisten kaivosvaltuuskunta kaivosvaltuuskunta-MiningWatch Finland ry; Vesiluonnon puolesta ry; Pelastetaan Vaelluskalat ry; Kalastaja Paavo Huusko

Muistutus on annettu 17.10.2024 kuulutettuihin kolmeen Terrafamen lupahakemukseen Dnrot PSAVI/8746/2023, PSAVI/9228/2024 ja PSAVI/1802/2024, sekä niihin liitettyihin hakemuksiin toimintojen aloittamiseksi muutoksenhausta huolimatta sekä vesilain mukaisiksi valmisteluviksi.

Muistutukseen osallistuvat yhdistykset lausuvat muun muassa, että

- kyseiset kolme 17.10.2024 erillisinä kuulutettua lupahakemusta kuuluvat kiinteänä osana samaan Terrafamen kaivoksen yhteiseen toimintakokonaisuuteen, jonka kaikkien toimintojen yhteiset ympäristövaikutukset ja -riskit ovat edelleen suurelta osin selvittämättä ja arvioimatta kyseistä toimintakokonaisuutta koskevan pääympäristöluvan myöntämisedellytysten tai -esteiden täyttymisen osoittamiseksi, ja jonka pääympäristöluvan PSAVI 87/2022 valituskäsittely on lupahakemusten kuulutushetkellä 17.10.2024 vireillä hallinto-oikeudessa,
- kyseisen Terrafamea koskevan määräaikaisen pääympäristöluvan PSAVI 87/2022 valituskäsittelyn vireilläolovaikutuksen vuoksi ei hallintoviranomainen PSAVI:lla ole ollut laillista perustetta hyväksyä kyseisiä Terrafamen kolmea hakemusta vireille tulleeeksi ennen hallinto-oikeuden ratkaisun lainvoimaiseksi tuloa,
- kyseiset kolme Terrafamen erikseen hakemaa lupahakemusta olisi tullut lupahakemusten lainmukaisuuden harkinnassa käsitellä samaan valituskäsittelyssä olevan määräaikaisen pääympäristöluvan 87/2022 toimintakokonaisuuteen kuuluvina lupahakemuksina, selvittäen että onko lupahakemuksissa esitetty riittävät selvitykset sen valituskäsittelyssä olevan toimintakokonaisuuden ja nyt haettujen toimintojen yhteisistä ympäristövaikutuksista ja -riskeistä luvan myöntämisedellytysten täyttymisen osoittamiseksi ja -esteiden puuttumisesta. Tällaisia riittäviä selvityksiä luvan täyttämisedellytysten täyttymisen osoittamiseksi ei Terrafame lupahakemuksissaan esitä, jonka vuoksi katsomme hallintoviran-

omainen PSAVI:n tehneen menettelyvirheen hyväksyessään hakemukset vireille tulleeksi ja kuuluttaessaan hakemukset vireille tulleeksi,

- lisäksi koska pääympäristölupaa koskevat valitukset olivat kuulutushetkellä vireillä hallinto-oikeudessa, ei vireilläolovaikutuksen vuoksi hallintoviranomainen PSAVI olisi saanut hyväksyä hakemuksia vireille tulleeksi eikä kuuluttaa hakemuksia vireille tulleeksi ennen hallinto-oikeuden ratkaisua pääympäristöluvasta 87/2022 tehdyistä valituksista, jonka vuoksi katsomme hallintoviranomainen PSAVI:n tehneen myös tältä osin menettelyvirheen hyväksyessään hakemukset vireille tulleeksi ja kuuluttaessaan hakemukset vireille tulleeksi.

Muistutuksessa painotetaan, että kyseisten kolmen erillisinä kuulutetun lupahakemuksen muistutusajan aikana hallinto-oikeus on tehnyt 19.12.2024 ratkaisun määräaikaisen pääympäristöluvan 87/2022 valituskäsittelystä, ja jossa ratkaisussaan on useilta kohdin muuttanut pääympäristö- ja vesitalouslupan PSAVI 87/2022 lupamääräyksiä sekä lyhentänyt luvan voimassaoloaika.

Muistutuksen kohdassa A1 on esitetty muistutus Kolmisopen malmion hyödyntämistä koskevaan hakemukseen (PSAVI/8746/2023) ja kohdassa A2 sivukivialueen KL1 sulkemiseen ja peittorakenteen toteuttamiseen (PSAVI/9228/2024).

Muistutuksen kohdassa A3 on esitetty muistutus sivukivialueen KL2 sulkemiseen ja peittorakenteen toteuttamiseen ja viitattu Vaasan hallinto-oikeuden 19.12.2024 tekemän sivukivialuetta KL2 koskevan päätöksen perusteluihin.

Viitaten muistutuksen kohdissa A1. ja A2. lausuttuihin perusteluihin sekä hallinto-oikeuden 19.12.2024 päätöksen perusteluihin ja PSAVI 87/2022 lupamääräysten tiukentamisiin ja luvan voimassaolon lyhentämiseen, muistuttajat katsovat, ettei Terrafamen hakemuksen PSAVI/1802/2024 hyväksymiselle ole lainmukaisia perusteita.

Muistutuksen kohdassa A3.1 on annettu muistutus sivukivialuetta KL2 koskevasta hakemuksesta toiminnan aloittamisesta muutoksenhausta huolimatta:

Muistuttajat viittaavat kohdassa A3 lausuttuun sekä hallinto-oikeuden 19.12.2024 päätökseen, jolla hallinto-oikeus on tiukentanut pääympäristöluvan PSAVI/9228/2024 (*oikeastaan päälupa dnro PSAVI/2461/2017*) lupamääräyksiä ja lyhentänyt luvan voimassaoloaika.

Muistuttajat katsovat, että sekä edellä kohdassa A3. esitetyt muistutusperusteet sekä hallinto-oikeuden 19.11.2024 päätös perusteluineen osoittavat, ettei Terrafamen hakemalle luvalla lupahakemuksen PSAVI/1802/2024 toiminnan aloittamiseksi ja valmisteluluvan saamiseksi muutoksenhausta huolimatta ole oikeudellisesti hyväksyttävissä olevia perusteita, jonka vuoksi hakemus on hylättävä.

Hakijan kuuleminen ja selitys

Terrafame Oy on antanut 11.3.2025 seuraavan selityksen lausuntoihin ja muistutuksiin.

1. Kainuun ELY-keskus / Ympäristö ja luonnonvarat -vastuualue

Sulkemisen ja vesitaseen hallinnan osalta Terrafame toteaa, että yhtiö myös pitää jäte- ja tuotantoalueiden oikea-aikaista sulkemista keskeisenä vesienhallinnan keinona vesienkeräilyn piirissä olevien valuma-alueiden pienentämiseksi. Terrafame on kesällä 2024 aloittanut sulkemaan KL2 sivukivialuetta rakennusvaiheessa 1 yhteensä 9,3 hehtaarin alueen osalta ELY-keskukselle tekemänsä ilmoituksen mukaisesti. Terrafame on samalla koetoimintapäätöksen nro 115/2024 (PSAVI/9219/2024) mukaisesti toteuttanut koepeittorakenteita KL2 peittorakenteen rakennusvaiheen 1 pohjoispuolelle. Vesitaseen hallinnan osalta Terrafame haluaa muistuttaa, että yhtiö mallintaa jatkuvasti samanaikaisesti avoinna olevien alueiden pinta-aloja ja niiden vesitasevaihtokutuksia eri sadantaskenaarioilla ja varmistaa, että yhtiöllä olevat vesienkäsittelykapasiteetti, päästökiintiöt ja vesivarastokapasiteetti riittävät kohtuullisesti myös laajennusalueilta kerättävien vesien hallintaan sateisina kausina.

Alueiden sulkemisen ja sulkemissuunnittelun osalta Terrafame yhtyy Kainuun ELY-keskuksen lausuntoon, että KL2 sulkeminen parantaa tuotantoalueen vesitaseen hallintaa ja siten myös ympäristö- kuin patoturvallisuutta. Terrafame pitää tärkeänä, että tuotanto- ja jätealueiden sulkemisessa edetään vaiheittain ja systemaattisesti, jotta sulkemistrakenteiden sekä sulkemisen toiminta- ja työskentelytapojen soveltuvuudesta Terrafamen olosuhteissa voidaan varmistua. Terrafamen koko toiminnan kattava sulkemissuunnitelma on vireillä aluehallintovirastossa (PSAVI/16044/2024) ja KL2 sulkemisen ympäristölupahakemuksen yhteydessä esitetty sulkemissuunnitelma rakenteineen on huomioitu osana tätä koko toiminnan sulkemissuunnitelmaa.

Sulkemissuunnittelun eteneminen on iteratiivinen prosessi, jossa pyritään jatkuvaan vaikutusten vähentämiseen jo toiminnan aikana. Jätealueiden sulkemisen käynnistyttyä vuonna 2024 KL2 sivukivialueella alueiden sulkeminen vuonna 2025 sivukivialueilla KL2 lisäksi sivukivialueella KL1 yhteensä n. 30 hehtaarin (14+16 ha) alalla ja tahti tulee suunnitelmien mukaisesti kasvamaan tulevana vuosina noin 30–50 hehtaariin vuodessa.

Terrafame on sitoutunut aloittamaan alueiden jälkihoidon jo toiminnan aikana, jolloin sulkemisen käytäntöjä, tarkkailua, vesienhallintaa ja muuta kehitystyötä voidaan tehdä yhtiön tuotannon ollessa vielä käynnissä. Yhtiö toteaa, että alueiden sulkemista halutaan tehdä jo tuotannon aikana juuri siksi, että mahdollisesti edelleen sulkemisen aikana muodostuvat suotovedet voidaan johtaa vesienkäsittelyyn. Terrafamen PSAVI:ssa vireillä olevan koko Terrafamen toimintaa koskevan sulke-

missuunnitelman mukaisesti sulkemisen aikana ja sen jälkeen tarkkailua tullaan jatkamaan vähintään 30 vuoden ajan. Sulkemissuunnitelmassa on esitetty myös vakuudet sulkemisen jälkeiselle tarkkailulle.

Pölyämisen osalta Terrafame toteaa, että yhtiö tunnistaa pölyämisen hallinnan tärkeyden ja on toteuttanut sekä suunnitellut useita toimenpiteitä pölypäästöjen minimoimiseksi sekä sulkemistoimenpiteiden yhteydessä että tuotantoalueen päivittäisessä toiminnassa. Terrafame on käynnistänyt sivukivialueen KL2 eteläosan sulkemistoimenpiteet, mikä osaltaan vähentää alueen pölyämistä. Peittorakenteen viimeistelyyn kuuluu pintamateriaalikerroksen ja kasvillisuuden lisääminen, mikä sitoo pölyä ja estää sen leviämistä ympäristöön. Kasvillisuuden istuttaminen toteutetaan mahdollisimman pian peittorakenteen valmistuttua, jotta pintamaakerroksen eroosioriski saadaan minimoitua. Vuoden 2024 sulkemisen aikana havaittiin, että eroosionhallinnan näkökulmasta turvekerros on merkityksellinen ja että se myös kasvittuu nopeasti.

Koko sivukivialueen sulkeminen tulee kestämään arvioilta 10 vuotta. Sulkemista edeltäviä tuotannon työvaiheita eli lähinnä luiskausta ja kii-lausta tehdään kuitenkin aiemmin myös niiltä osin, kuin ei ole vielä tehty ja näin voidaan pienentää avoimella louhepinnalla olevaa alaa. Lisäksi muualla tuotantoalueella käytössä olevia pölyntorjuntakeinoja, kuten tiestön kastelua voidaan soveltaa myös KL2 sivukivialueen sulkemistoi-mien aikana.

Terrafamella ilmanlaatua on seurattu huhtikuusta 2023 alkaen jatkuva-toimisesti Ilmatieteen laitoksen mittausasemalla, jolla tarkkaillaan erityisesti hengitettäviä hiukkasia (PM10 ja PM2,5) sekä pölylaskeumatarkkailulla. Mittauspiste sijaitsee Hakonen-järven itäpuolella Taattolassa, noin 1,3 km:n etäisyydellä sivukivialue KL2:sta koilliseen. Mittauspis-tettä operoi Ilmatieteen laitos. Viisiportaisen ilmanlaatuindeksin mukaan ilmanlaatu Taattolan mittausasemalla oli valtaosin hyvä tai tyydyttävä. Hengitettävien hiukkasten (PM10) ja pienhiukkasten (PM2.5) pitoisuu-det pysyivät selvästi alle EU:n asettamien raja- ja ohjearvojen. Arseenin ja muiden metallien pitoisuudet alittivat selvästi tavoitearvot. Ilmanlaa-tuindeksin mukaan huonoja tai erittäin huonoja päiviä oli vuoden 2023 mittausjakson aikana kaksi ja nämä huonot päivät liittyivät selkeästi sääolosuhteisiin kuten maanpintainversion.

Terrafame seuraa myös osana ympäristölupaan perustuvaa tarkkailuoh-jelmaa pölyämistä. Yhtiön velvoitetarkkailussa on 26 kpl leijumatarckkai-lupisteitä. Leijumatarckkailussa näytteet, joista ilmenee hiukkasten kemi-allinen koostumus, kerätään kuukausikohtaisesti. Tarkkailupisteet on sijoitettu strategisesti huomioiden asutuksen läheisyys ja kaivoksen vai-kutusalue, ja ne tarjoavat kattavan kuvan toiminnan vaikutuksista ympä-ristöön. KL2-sivukivialueen läheisyyteen on sijoitettu 4 tarkkailupistettä asutuksen läheisyyteen, joista kaksi on vallitsevan tuulensuunnan mu-kaisesti (Hakosen itäranta Pöly24 ja Taattola Pöly04) ja kaksi (Nauris-mäki ja KL2 19b itäpuolinen piste Pöly20b) on sijoitettu KL2-sivukivialu-een itäpuolelle (seuraava kuva).



Kuva 1. Laskeumatarkkailupisteet sivukivialueen läheisyydessä.

Yhtiö muistuttaa, että sivukivialueella KL2 ei enää tapahdu tuotannollista läjittämistä, mikä on osaltaan vähentänyt pölyämistä. Yhtiö on lisäksi aloittanut peittorakenteiden toteuttamisen, joka tulee vähentämään pitkäaikaista pölyaltistusta. Terrafame toteaa myös, että yhtiö huolehtii KL2 sivukivialuetta lähimpien naapurikiinteistöjen ulkopintojen pesusta asukkaiden tarpeiden mukaisesti Hakosen koillispuolen kiinteistöillä. Tällä hetkellä kaksi naapureista on sopinut kiinteistöjen pesukäytännöstä yhtiön kanssa.

Luonnonsuojelun ja Kainuun ELY-keskuksen rotkokehräjäkälän lausunnon osalta Terrafame viittaa aikaisemmin tässä vastineessa kirjoitetuihin pölyntorjuntatoimenpiteisiin. Terrafame myös muistuttaa, että hakemuksessa on tuotu esille, että Terrafame on hakenut Kainuun ELY-keskuksen Ympäristö ja luonnonvarat -vastuualueelta luonnonsuojelulain (LSL, 1096/1996) 48 § 2 momentin mukaista poikkeuslupaa poiketa LSL 47 § mukaisesta rauhoitussäännöksestä, koskien rotkokehräjäkälän esiintymän heikentämistä lajin esiintymisen turvaamiseksi tehtäviä siirtoistutuksia varten. Kainuun ELY-keskus myönsi luvan siirtoistutusta varten 4.5.2022 päätöksellä KAIELY/259/2020. Kyseinen rotkokehräjäkälän siirtoistutus toteutettiin kesällä 2023. Lajia siirrettiin poikkeuslupan ehtojen mukaisesti 3 kpl halkaisijaltaan 5–10 cm kokoista kiveä Terrafamen omistuksessa olevalle kiinteistölle Hopeakallion alueella. Siirtoistutuksen onnistumista tullaan seuraamaan vuosittain viiden vuoden ajan siirtoistutuksesta.

2. Sotkamon kunnan ympäristönsuojeluviranomainen

Suotovesien osalta Terrafame toteaa, että nykyinen vesienhallintajärjestelmä sisältää suotovesien tehokkaan keräyksen ja johtamisen suo-

tovesialtaisiin, joista vedet ohjataan joko vesienkäsittelyyn tai bioliuotuskiertoon. Terrafame muistuttaa, että peittorakenteen rakentamisen jälkeen sivukivitäytössä muodostuvien suotovesien määrän odotetaan vähenevän merkittävästi, koska peittorakenne estää sade- ja sulamisveden pääsyä sivukivitäyttöön. Sivukivialueen sulkemisen jälkeen sadan vaikutus muodostuvaan suotoveteen poistuu, mikä voi aluksi väkivoittaa suotovesiä. Pitkällä aikavälillä kuitenkin metallien liukeneminen vähenee. Peittorakenteen alla vielä mahdollisesti muodostuvat vedet johdetaan jatkossakin suotovesialtaisiin ja prosessiin tai vedenkäsittelyyn. Sulkemisen eli käytännössä tiiviiden peittorakenteiden rakentamisen jälkeen mahdollisesti edelleen muodostuvat suotovedet pyritään ohjaamaan painovoimaisesti louhosjärviin, jossa ne kerrostuvat eivätkä vaikuta ympäristöön. Suotovesi johdetaan lähtökohtaisesti louhosjärveen ensimmäisen suolaisuusharppauskerroksen alapuolelle, millä vähennetään suotovesien vaikutusta louhosjärven pintaveteen. Louhosjärvien kerrostumisesta ja ylivuotovesien laadusta on tehty mallinnukset vuonna 2024 sulkemissuunnittelun yhteydessä.

Terrafame yhtyy Sotkamon ympäristö- ja teknisen lautakunnan näkemykseen sulkemisen jälkeen muodostuvien vesijakeiden tarkkailun tärkeydestä. Suotovesien muodostumista ja laatua seurataan tuotannon jatkuessa tarkkailuohjelman mukaisesti, samoin kuin aluetta ympäröivien pohjavesiputkien seurantaa. Koko toiminnan sulkemisen aikana ja sen jälkeen tarkkailua jatketaan sulkemissuunnitelman mukaisesti vähintään 30 vuoden ajan. Sulkemisen muilta osin Terrafame viittaa Kainuun ELY-keskuksen vastineeseen edellä.

Meluamisen osalta Terrafame toteaa, että toiminnasta aiheutuvaa melua mitataan ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti. Terrafamen toiminnasta aiheutunutta melua mitataan kolmella eri tavalla: jatkuvatoimisella mittauksella, ympäristömelumittauksilla sekä mitaamalla melupäästöjä suoraan meluavista kohteista. Melupäästömitausten perusteella Terrafame päivittää lisäksi vuosittain nykytilan melunleviämismallia. Terrafame on päivittänyt vuoden 2024 mittaustulosten perusteella nykytilan melunleviämismallia, jossa on otettu huomioon vuoden 2024 KL2 sivukivialueella tehtyjen sulkemistöiden aiheuttama melu.

Lähtökohtaisesti peittorakenteiden toteuttamiseksi tehtävien töiden on arvioitu aiheuttavan melupäästöjä, mutta ei enempää kuin sivukivialueen tuotantokäytöstä eli sivukiven ajamisesta ja läjittämisestä on aiheutunut.

Jatkuvatoiminen melumittaus on perustettu vuonna 2022 joulukuussa Hakonen-järven itäpuolelle lähelle Taattolaa. Mittauksesta vastaa Forcit Consulting Oy. Se sijaitsee n. 1,2 km etäisyydellä KL2 sivukivialueesta, joka on mittauskohdetta lähin melupäästöjen lähde. Tuotannollinen sivukiven läjitys on päättynyt KL2 sivukivialueella loppuvuodesta 2023. Mittausjaksolla 2022–2023 läjitystä on tehty sivukivialueen pohjoispäässä, lähinnä mittauskohdetta. Mittausten perusteella Terrafame to-

teaa, että KL2 sivukivialueen melutaso on alittanut valtioneuvoston päätöksessä (Vnp 993/1992) säädettyt päiväajan ja yöajan melun ohjearvot. Näin ollen todennäköisesti myös rakentamisesta aiheutuvat vaikutukset alittavat ohjearvot.

Ympäristömelun tarkkailusuunnitelma sisältää ne tarkkailukohteet, jotka ovat alttiina Terrafamen toiminnasta aiheutuvan melun välittömälle vaikutukselle teollisuusalueen ulkopuolella. Ympäristömelua mitataan vuosittain 5 kohteesta, joista kolme on hankealueen välittömässä läheisyydessä (Sorsala, Taattola ja Myllyniemi). Lisäksi ympäristömelun tarkkailua toteutetaan Kolmisoppi-järven pohjoispuolella sijaitsevalla kiinteistöllä ja tuotantoalueen eteläpuolella sijaitsevalla Iso-Savonjärvellä. Vuonna 2024 ympäristömelua mitattiin myös kampanjaluontoisesti Hakosen rannalla sijaitsevalla kiinteistöllä (seuraava kuva, mittauspiste MP6). Vuoden 2024 ympäristömelun mittauspisteet on esitetty kuvassa 2. Nykyisten ympäristömelun tarkkailupisteiden katsotaan kattavan hyvin KL2 sivukivialueen sulkemisen toimintojen vaatiman seurannan. Sulkemisen (peittorakenteen rakentamisen) työmaan aikaisia melutasoja seurataan ympäristömelumittauksilla osana veloitettarkkailua.



Kuva 2. Vuoden 2024 ympäristömelumittauspisteet.

Pölyämisen osalta Terrafame viittaa Kainuun ELY-keskukselle antamaansa vastaukseen. Pölyntorjunnan osalta Terrafame lisäksi toteaa, että tuotantomenetelmän eli bioliuotuksen turvaamiseksi kaikki pölyntorjunnan kemikaalit tulee aina testata ja varmistaa, ettei niistä aiheudu haittaa bioliuotukselle. Esimerkiksi tyypillisesti pölyntorjunnassa käytettävää kalsiumkloridia voidaan käyttää Terrafamen alueella vain tuotantoalueiden ulkopuolisilla alueilla, joista vesiä ei johdeta bioliuotusprosessiin. KL2 sivukivialueelta johdetaan suotovedet joko bioliuotukseen tai vesienkäsittelyyn. Lisäksi sulkemisvaiheessa pintavedet keräillään ja johdetaan mahdollisuuksien mukaan ympäristöön tai toissijaisesti yhtiön vesienkäsittelyyn.

Terrafamen tutkimustiimi on aktiivisesti testannut eri pölyntorjunta-aineita. Osa tuotteista on osoittautunut selkeästi liuotukselle haitalliseksi, joten niitä ei ole hyväksytty käyttöön bioliuotuksessa tai sellaisilla muilla alueilla, joilla käsitellään malmia tai kerätään vesiä vesi- tai liuostaseeseen (kuten tehdasalueet tai KL2 sivukivialue). Osa tuotteista on todettu mikrobeille turvalliseksi, mutta ne ovat suunniteltu toisenlaiseen käyttöön, eivätkä ne kestäisi raskaan liikenteen aiheuttamaa kuormaa tien pinnassa. Niitä voidaan kuitenkin hyödyntää esimerkiksi murskekasojen suojaamisessa. Osan käyttö on myös mahdollista vain kesäaikaan, jolloin niistä ei saada talviaikana tarvittavaa hyötyä.

Terrafame kastelee käytettäviä ajoreittejä ja työmaa-alueita erityisesti kuivina kausina. Lisäksi kuljetusten ja muiden pölyä tuottavien sulkemisen toimintojen aikatauluttamista pyritään tekemään huomioiden sääolosuhteet. Koska maanrakennustyöt tulee kuitenkin tehdä ensisijaisesti optimaaliseen rakennusaikaan kesäkaudella, on talvikaudelle sijoittuvien töiden osuus hyvin vähäinen.

3. Kajaanin kaupungin ympäristönsuojeluviranomainen

Peittorakenteen osalta Terrafame toteaa, että KL2 sivukivialueen sulkeminen perustuu siihen, että kaikki peittorakenteen pintamaakerroksessa käytettävät maa-ainekset ovat puhtaita ja ympäristölle turvallisia. Sivukivialueiden peittorakenteen pintamaakerros (500 mm) koostuu puhtaista, soveltuvista kitkamaista kuten moreenista, hiekasta ja sorasta, kuten hakemuksessa on esitetty. Käytettävät maa-ainekset tutkitaan ennen käyttöä osana tarkkailuohjelmaa, jotta varmistetaan niiden soveltuvuus rakenteisiin.

Vesistövaikutuksien osalta Terrafame toteaa, että yhtiö tulee tarkkailemaan peittorakenteen, maa-aineskerroksen ja laskeutusaltaiden kuntoa aktiivisesti rakennusvaiheesta alkaen osana käyttötarkkailua. Peitterakenteen yläpuolisten valumavesien laskeutusaltaat on suunniteltu keräämään ja tasaamaan pintavaluntaa sekä vähentämään mahdollisen kiintoaineksen kulkeutumista luonnonvesistöihin. Yhtiö on esittänyt hakemuksessa, että laskeutusaltaiden tarkkailua toteutetaan viikoittain käyttötarkkailussa ja velvoitetarkkailun osana neljä kertaa vuodessa. Tarkkailulla varmistetaan, että altaat toimivat suunnitellusti ja että niistä purkautuva vesi täyttää laatuvaatimukset. Yhtiö jatkaa laskeutusaltaiden tarkkailua vielä KL2 sulkemistoimenpiteiden päättymisen jälkeen.

Sivukivialueen sulkemisen jälkeen suotovedet kerätään edelleen altaiisiin ja niiden määrää ja laatua seurataan tarkkailuohjelman mukaisesti. Sulkemisen jälkeen mahdollisesti edelleen muodostuvat suotovedet johdetaan Kuusilammen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen, jonka ylivuotoveden laatu on mallinnettu osana Terrafamen sulkemissuunnitelmaa. Sulkemisvesien määrän on arvioitu olennaisesti vähenevän, sillä peittorakenne vähentää sade- ja sulamisvesien pääsyä sivukivitäyttöön. Terrafame on sitoutunut varmistamaan, että suotovesien laatu ei heikennä sulkemisen aikana liuoskiertoon tai sulkemisen jäl-

keen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen johdettaessa pohjavesien tai pintavesien tilaa, ja että suotovesien tarkkailu jatkuu myös sulkemisen jälkeen. Pohjavesien tilaa seurataan jatkuvasti yhtiön tarkkailuohjelman mukaisesti pohjavesiputkien avulla, ja mahdollisiin poikkeamiin reagoidaan viipymättä. Sivukivialueen KL2 läheisyydessä on yhteensä 14 pohjaveden tarkkailuputkea. Pohjaveden tarkkailua on tehty alueella vuodesta 2018 lähtien, ja se toteutetaan voimassa olevan ympäristötarkkailuohjelman mukaisesti.

Luonnonsuojelun ja rotkokehräjäkälän osalta Terrafame viittaa Kaiinuun ELY-keskukselle antamaansa vastineeseen.

4. Geologian tutkimuskeskus

1. Kaivannaisjätteiden karakterisointi, mallinnus ja tulosten esittäminen

GTK:n mukaan kaivannaisjätteiden karakterisointi ei ole tarpeeksi kattavaa, tulokset on esitetty hajanaisesti useassa eri paikassa, eikä jätehuoltosuunnitelma ole ajantasainen.

Terrafame toteaa, että kaivannaisjätteiden karakterisointi on monimutkainen, useita vaiheita ja tasoja sisältävä kokonaisuus. Hakija tiedostaa, että asiakokonaisuuden esittäminen yhtenevästi on tärkeää ja siksi on esittänyt pitkäaikaistestauksesta yhteenvetoraportin hakemuksen yhteydessä. Tässä raportissa esitetään myös staattisen testauksen tulokset. Raportti on suomenkielinen yhteenveto tehdystä karakterisointityöstä ja pyrkii esittämään riittävät tiedot yleisellöisessä, mutta riittävän laajassa muodossa. Testaustulokset ovat numeerisessa muodossa saatavilla englanninkielisinä laboratorion raportteina, mutta näiden liittäminen hakemukseen nähdään asiakokonaisuuden kannalta tarpeettomana. Hakijan oletuksen mukaan hakemuksessa on esitettävä kompaktissa muodossa tärkeimmät tulokset, eikä siksi liitteinä ole esitetty laajoja ja yksityiskohtaisia aineistoja, joiden läpikäyminen olisi lupaviranomaiselle kohtuuton työmäärä. Kussakin mallinnuksessa ja muussa karakterisoinnista lähtötietoja tarvitsevassa asiakokonaisuudessa tuloksia käytetään soveltaen. Yhden mallinnuskokonaisuuden kannalta esitetään tämän kannalta oleellinen karakterisointitieto. Yleisessä karakterisoinnissa ei ole tarkoituksenmukaista esittää, miten tuloksia käytetään kussakin eri työkokonaisuudessa, joten yleisessä karakterisoinnissa tulokset esitetään ilman tulkintaa tai muokkausta. Yhtiö toteaa jätehuoltosuunnitelman osalta, että yhtiö on päivittänyt jätehuoltosuunnitelman ja päivitetty versio on toimitettu PSAVI:lle vuoden 2024 lopussa (PSAVI/16043/2024).

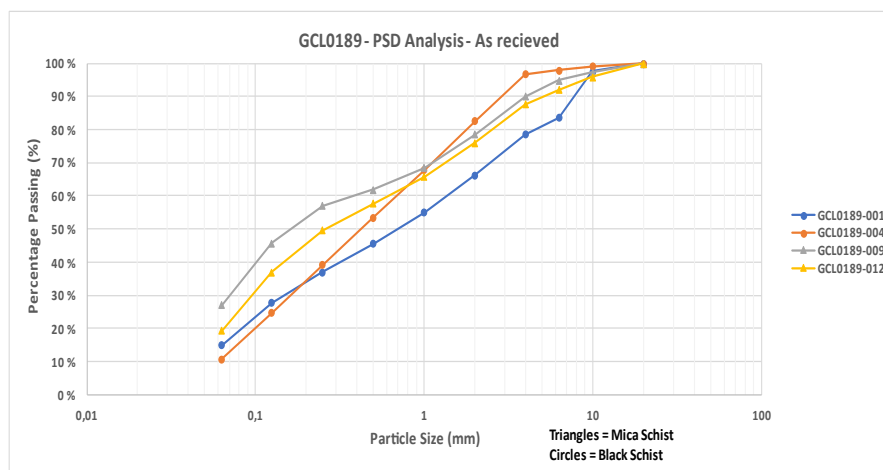
GTK:n mukaan merkittävää osaa näytteitä koskevien keskeisten selvitysten tuloksista ei ole kuitenkaan esitetty (esim. kosteuskammiotesteissä ja kolonnitesteissä tutkittujen näytteiden mineralogia ja geokemialliset tutkimukset), joten tulosten arviointi oli haastavaa.

Yhtiö toteaa, että pitkäaikaistestausraportin taulukossa (hakemuksen liite 16) 4-2 esitetään kyseisten näytteiden ABA-testauksen tulokset, sekä taulukossa 4-3 näytteiden metallipitoisuuksien vertailu PIMA-asetuksen mukaisiin metallipitoisuuksiin. Mineralogia esitetään kuvassa 4-4 ja muiden testausmenetelmien tuloksia esitetään raportin muissa taulukoissa.

GTK:n mukaan olisi mallinnuksissa ollut tarpeen esittää fysikaaliset parametrit (kuten sivukiven raekokojakaumaa) ja geokemiallisten/mineralogisten ominaisuuksien (esim. sulfidimineraalien) esiintyminen eri raekokoluokissa tukemaan testeistä saatujen tulosten tulkintoja.

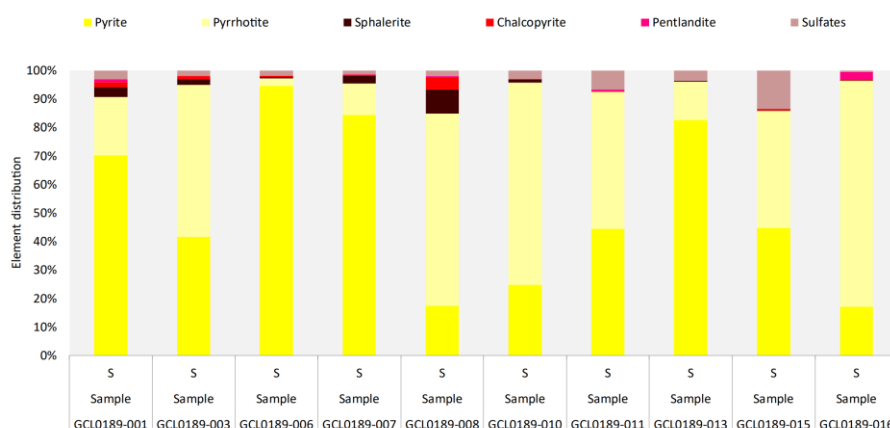
Yhtiö tunnistaa, että mineralogiaan ja raekokoon liittyvät parametrit ovat toki tärkeitä ja niitä on tutkittukin (esim. seuraavat kuvat 3 ja 4), jotta voidaan varmistaa, että pitkäaikaistestauksessa olevat näytteet edustavat riittävästi kaivoksen keskimääräistä mustaliuskesivukiveä. Näiden ominaisuuksien vaikutusta ei ole suoraan käytetty pitkäaikaiskäyttämisen arvioimisessa (koska kosteuskammiokokeessa näytteen kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet on huomioitu testijärjestelyn kautta), joten sitä ei ole myöskään esitetty pitkäaikaistestaukseen keskittyvien tulosten testausraportissa. Kivien raekokoa ja mineralogisia yksityiskohtia esitetään muissa yhteyksissä.

Pääsääntöisenä sivukivilajina ovat hienorakeiset mustaliuskeet, joiden hapettumiskäyttämisyssä voi hyvin olla eroja liittyen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Koetulokset on kuitenkin realistisesti pystyttävä liittämään mallinnettavaan kohteeseen, jotta niiden käytöstä on mallinnuksen epävarmuustekijöiden vähenemisen kautta realistista hyötyä. Mallinnus perustuu kosteuskammiokokeista saataviin tuloksiin ja näytteiden edustavuus kohteen kannalta on varmistettu kattavalla näytteenotolla. Läjitetystä ja tulevaisuudessa läjitettävästä sivukivestä ei tarkoin tiedetä miten fysikaaliset ominaisuudet vaihtelevat, joten oletuksena on, että niiden vaikutus suotovedenlaatuun on samanlainen kuin on kosteuskammiokokeessa olevassa kivessä. Kosteuskammiokokeen tuloksista nähdään, että samoilla kokonaispitoisuuksilla sivukivi voi hapettua hieman eri tavoin ja tähän liittyy epävarmuutta. Epävarmuutta ei kuitenkaan voida vähentää testausmenetelmiä lisäämällä vaan tilastollista edustettavuutta lisäämällä. Mallinnus edustaa keskimääräistä kiveä tärkeimpien parametrien näkökulmasta (rikki ja nikkelpitoisuudet) ja testaukseen on valittu nykyisten käytössä olevien menetelmien mukaan edustava ote sivukivistä.



Kuva 3. Esimerkki pitkäaikaistestauksen näytteiden raekokojakaumatu-loksista.

Figure 5: Department of S (% normalised)



Kuva 4. Esimerkki SEM-EDX perusteisen mineralogisen tutkimuksen tuloksista, joissa esitetään sulfidin sitoutuminen eri mineraaleihin. Samanlaisia tuloksia on määritetty tärkeimpien alkuaineiden osalta.

GTK mukaan karakterisoinnissa on puutteellisuutta useista muistakin näkökulmista ja pyytää täydentämään hakemusta näiltä osin. Esimerkiksi haitta-aineiden pääsääntöisiä isäntämineraaleja ei ole määritetty tarvittavalla tarkkuudella. Epäselvyyttä liittyy GTK:n mukaan myös sulfideihin ja niiden mahdollisiin hapetustuotteisiin osittain hapettuneissa kivissä.

Yhtiö toteaa, että haitta-aineiden sitoutumista mineraaleihin on tutkittu kattavasti malmista ja myös sivukivistä (ks. esimerkki yksittäisen alkuaineen mineralogisesta sitoutumisesta kuvassa 4). Haitta-aineiden sitoutumista mineralogisesti hienorakeisissa kivissä on kuitenkin vaikea arvioida siten, että se voidaan liittää sivukivialueilla olevaan kivimassaan tilastollisesti merkityksellisellä tavalla. Lisäksi staattinen mineraloginen tieto ei kerro mineraalien käyttäytymisestä ajan kuluessa. Epäsuoraa mineralogista tietoa saadaan kosteuskammiokoikeista, joiden viikko-liuostuloksista voidaan havaita selkeästi eri sulfidimineraalien hapettuminen. Tämä tieto nähdään riittävänä (ja parempana kuin staattisista

mineralogisista tutkimuksista saatu tieto) mallinnustulosten näkökulmasta. Sekundäärimineraalien osuutta osin hapettuneissa kivissä ja siitä mahdollisesti irtoavaa haitta-ainetta kuormaa on tutkittu ylvävirtauskolonnikokein, joiden tulokset ovat raportoituna pitkäaikaistestauksen tulosraportissa. Rapautuneiden kivien joutuessa veden kyllästämiin olosuhteisiin vapautui haitta-aineita maltillisesti verrattuna hapettumisen aiheuttamaan kuormaan. Kosteuskammio-koe imitoi luontaista rapautumisprosessia, joten sivukivialueella tapahtuvan rapautumisen vaikutus on näiden kautta huomioitu mallinnuksessa. Huuhtoutuminen on kosteuskammio-kokeissa luontaisia olosuhteita tehokkaampaa, ja tämä on pyritty mallinnuksessa huomioimaan. KL2 tapauksessa mallinnuksella ei pyritty luomaan suotovesilaatua, joka sivukivialueella muodostuu peittorakenteen valmistumisen ja kaivostoiminnan lopullisen sulkemisen välissä. Peiton valmistumisen jälkeisten vuosien aikana mahdollisesti edelleen muodostuva suotovesi johdetaan prosessiin tai vesienkäsittelyyn ja siten oletuksena on, että kumuloitunut sekundäärikuorma ehtii suurimmaksi osaksi huuhtoutua ennen lopullista sulkemista ja erityisesti ennen ympäristövaikutusten muodostumista. Suotovedet tullaan johtamaan tavoitepitoisuuksien alittuessa hakemuksessa esitetyllä tavalla Kuusilammen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen, jonka täyttyminen kestää vuosikymmeniä, ja joka suolakerrostuu voimakkaasti. Suolakerrostuminen osaltaan vähentää sekundäärimineraalien merkitystä ympäristövaikutusten näkökulmasta.

GTK mukaan hakemuksessa pitäisi käsitellä kattavammin ja syvällisemmin happoa tuottaviin kaivannaisjätteisiin liittyviä erityispiirteitä, mm. mahdolliset eri sulfidimineraalien väliset reaktiot, raudan merkitys sulfidien hapettumisessa, pH-olosuhteiden kehittymisen mikroympäristöissä ja läjityksen mittakaavassa sekä alhaisen pH:n vaikutus silikaattien rapautumiseen ja hapettumis- ja muiden rapautumistuotteiden liikkuvuuteen. Erityisesti asiaa pitäisi tarkastella pitkäaikaiskäyttämisen ja peittämisen jälkeisten olosuhteiden näkökulmasta. Erityisesti GTK mainitsee, että sulfidien väliset erot hapettumisprosesseissa ja galvaanisten reaktioiden näkökulmasta pitäisi huomioida.

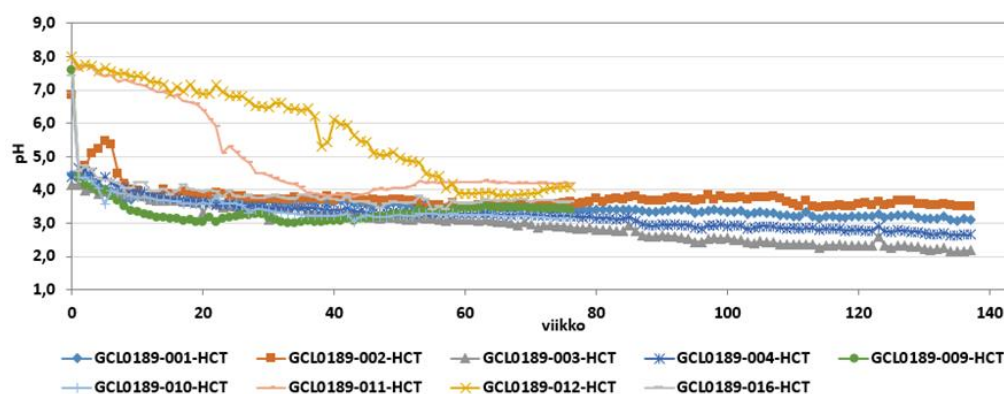
Terrafame toteaa, että GTK on oikeassa siinä, että näillä prosesseilla on vaikutusta Terrafamen sivukivien hapettumisen ja pitkäaikaiskäyttämisen kannalta. Niiden huomioimista yksittäisinä prosesseina mallintamisessa ei kuitenkaan nähdä yhtiössä tämän hetken tilanteessa parhaana ratkaisuna kokonaisuuden epävarmuuksien pienentämisen kannalta. Yksittäisten prosessien irrottaminen kokonaisuudesta ja erikseen mallinnuksessa huomioiminen johtavat yhtiön mielestä tässä tilanteessa suurempaan kokonaisepävarmuuteen kuin verifioitujen testaustulosten käyttö, jossa prosessit ja niiden yhteisvaikutus on jo huomioitu. Lähtötiedot ja mallinnuksessa käytetyt menetelmät ovat yhtiön mielestä tyydyttävällä tasolla verrattuna sivukivien lupaprosesseissa yleisesti käytettyihin aineistoihin.

Terrafame korostaa, että epävarmuuksien pienentäminen tulisi aloittaa niistä lähteistä, joihin merkittävimmät epävarmuudet liittyvät. GTK:n

mainitsemia yksittäisiä prosesseja ei nähdä tällaisina. Kosteuskammio-kokeeseen perustuva lähtökohta nähdään parhaana menetelmänä, joka huomio kaikki yllä mainitut prosessit yhteisvaikutuksineen.

GTK mainitsee mallinnuksen puutteina myös sen, että mustaliuskesivukiven vaikutusta kiilleliuskesivukiven käyttäytymiseen ja matalan pH:n aiheuttamaan mahdolliseen silikaattien tehostuneeseen rapautumiseen ei olla erityisesti tarkasteltu. GTK mukaan on todennäköistä, että kiilleliuskeista vapautuvat kuormat tulevat ali-arvioituiksi, koska eri mustaliuskeiden pH:ta alentavaa vaikutusta (kivien yhteiskäyttäytymistä) ei olla huomioitu riittävästi.

Terrafame ei näe GTK nostamaa tarkastelua erityisen suurena puutteena. Kosteuskammio-kokeessa kiveä hapetetaan tehokkaasti ja siten olosuhteet kuvastavat erittäinkin tehokasta hapettumiskehitystä. Korkearikkisten kiilleliuskeiden eli pääsääntöisen sivukivialueille mustaliuskeiden kanssa sijoitettavan sivukiven osalta pH:n kehitys on hyvin samankaltainen kuin mustaliuskeiden. Kuvassa 5 esitetään pH:n kehitys kosteuskammio-kokeen jaksolla, joka on tällä hetkellä saatavissa. Kuvasta 5 nähdään, että kiilleliuskenäytteissä (GCL0189-009 ja -0102), pois lukien tarvekivinäytteet (GCL0189-011 ja -012), pH laskee lähelle kolmea jopa nopeammin kuin mustaliuskenäytteissä (GCL0189-001, 002, 003 ja 004) ja pysyy verrattain samalla tasolla kuin mustaliuskenäytteissä koko testin ajan. Siten ei näytä todennäköiseltä, että mustaliuskeiden pH:ta madaltava vaikutus erityisesti vaikuttaisi sivukivialueiden kiilleliuskeisiin. Kuvassa 5 on esitetty pH:n kehitys kosteuskammio-kokeissa tämän hetken tilanteessa.



Kuva 5. pH:n kehitys kosteuskammio-kokeessa tämän hetken tilanteessa.

Happamuusolosuhteiden (pH) edustavuutta GTK kommentoi myös hydrolyysireaktioiden ja erityisesti alumiinin osuuden näkökulmasta. Yhtiön näkökulmasta pH:n kehitys on mallinnuksessa otettu riittävästi huomioon. Nykyisin KL2 alueelta tulevassa suotovedessä pH on noin 3,3. Toiminnan ajalle kalibrointitarkoituksiin mallinnetun suotoveden pH on 3,1.

GTK suosittelee jatkamaan ja kehittämään sivukivien pitkäaikais-testausta läjitys- ja sulkemisolosuhteita paremmin edustavissa olosuhteissa tukemaan sulkemisvaiheen suotoveden vedenlaadun

mallinnusta ja sen taustalla olevien oletusten ja käsitteellisten mallien varmistamiseksi. GTK suosittelee lisäksi hyödyntämään vahvemmin nykyisin muodostuvien suotovesien laatua karakterisoinnin tukena ja lisänä.

Yhtiö toteaa, että mallinnuksessa on hyödynnetty nykyistä suotovesilaa-tua siltä osin kuin se on mahdollista. Tällä hetkellä kaivannaisjätealueita ei ole peitetty, joten peittorakenteen vaikutusta sivukivien käyttäytymi-seen ei voida todentaa tarkkailusta saatavilla tuloksilla. Peiton rakenta-misen edetessä saatavaa tietoa tullaan käyttämään tulevaisuuden rat-kaisujen mahdolliseen kehittämiseen ja optimointiin. Peittorakenteen ja siten hapen- ja veden vähäisyyden aiheuttamien muutosten vaikutusta sivukivien kontaktiveden koostumukseen ja ionitasapainoon voidaan tutkia ja jatkuvasti tutkitaankin erityisin koejärjestelyin (mm. lysimetrit), mutta tällä ei katsota olevan käytännön merkitystä mallinnuksessa käy-tettyjen parametrien näkökulmasta (hakemuksessa esitetyt peittoraken-teen toiminnalliset tavoitteet veden- ja hapenläpäisyn osalta). Sivuki-vialueet on suunniteltu peitettävän hakemuksessa esitetyllä tavalla, joka on riskinarvioon perustuva MWEI BREF mukainen peittorakenne ja peit-torakenteen kenttämittakaavan testien tuloksia ollaan parhaillaan kerää-mässä. Tulosten pohjalta sivukivialueiden peittorakenteen optimointia voidaan jatkaa.

GTK pyytää kuvaamaan mallinnuksen oletuksia ja käsitteellistä-mistä perusteellisemmin. Lisäksi GTK mainitsee niissä olevan epä-johdonmukaisuutta ja keskinäistä ristiriitaisuutta.

Terrafame ja sen asiantuntijakumppanit ovat esittäneet mallinnuksen oletukset, sekä niihin liittyvät käsitteellistämiset yleisesti käytettyjen me-netelmien ja tarkkuustasojen mukaisesti. Yhtiö näkee, että raportointi on riittävä. Terrafame toteaa, että yhtiö ei pysty antamaan tarkempaa selvi-tystä GTK esiintuomista epäjohdonmukaisuuksista ja ristiriidoista, koska ei pysty kohdistamaan lisäselvityspyyntöä täsmällisesti.

GTK: Minkä sulfidimineraalien hapettumisreaktioihin mallinnuk- sessa oletetut hapen ja sulfidinhapettumisen tuotteiden suhteet perustuvat? Millaista epävarmuutta aiheutuu mahdollisesta vir- heellisestä oletuksesta?

Yhtiö toteaa, että hapettuminen on oletettu tapahtuvan kosteuskammio- kokeessa todellisesti tapahtuvien reaktioiden mukaisessa järjestyk- sessä. Tasapainomallinnus tapahtuu muodostuvan kontaktivesiladun perusteella eikä siihen suoraan sisällytetä oletuksia sulfidimineralogi- asta muiden kuin rautasulfidien osalta. Kiviaineksen valinnan edusta- vuus kosteuskammio-kokeeseen on pääsääntöinen epävarmuuden lähde muiden kuin raudan osalta. Raudan vapautumista arvioidaan olet- taen pääsääntöiseksi sulfidimineraaliksi pyriitti. Rautamonosulfidien (erit. magneettikiisu) hapettumisessa vapautuu enemmän rautaa, joten pyriitti on tässä mielessä konservatiivinen oletus.

**GTK: Onko sulfidien hapettumisessa liukenevan rikin oletettu hapettuvan täysin sulfaatiksi, onko tästä varmistuttu kosteuskammio-
testeissä ja/tai miten tähän liittyvä epävarmuus on huomioitu pH:n
ja sulfaatin vapautumisen mallinnuksessa?**

Terrafame vastaa, että kosteuskammiokokeen viikkoliuoksesta on mitattu sulfaatin ja kokonaisrikin pitoisuus. Suotovesimallinnuksessa on käytetty mitattua sulfaatin pitoisuutta, muita rikin yhdisteitä ei ole huomioitu eli rikin ei oleteta hapettuvan täysin sulfaatiksi.

**GTK: Missä osassa läjitystä oletetun raudan hapettumisen ja saostumisen oletetaan tapahtuvan? Missä määrin arvioidaan, että rauta voisi ylläpitää sulfidien hapettumista? Kuinka riippuvaisia ovat
haitta-aineiden pitoisuudet raudan oletetusti ”riittävästä määrästä”
ja saostumisesta? Minkä muiden sekundääristen mineraalien saostuminen on sallittu? Onko oletus haitta-aineiden sitoutumisesta
raudan saostumiin perusteltu sulkemisen jälkeisissä olosuhteissa?**

Yhtiö toteaa, että raudan oletetaan vapautuvan hapettuvan rautasulfidi-mineraalin kanssa samassa paikassa. Rauta saostuu olosuhteiden sallimissa rajoissa, osin sivukivialueella, osin sen jälkeen. Kosteuskammio-
kokeessa havaitut rautasaostumat todistavat, että osa raudasta saostuu kiviaineksen pinnalle.

Sekundäärimineraaleista voi niukassa vesi-kiintoaines-suhteessa muodostua kiviä suojaava kerros, jota ei ole mallinnuksessa erityisesti otettu huomioon (kosteuskammio-
kokeessa saostumien huuhtoutuminen on tehokkaampaa). Veden viipymäaika sivukivialueella on sulkemisen jälkeen suhteellisen pitkä, joten kosteuskammiokokeen perusteella mahdollinen sorption vaikutus voitaisiin ennemminkin aliarvioida kuin yliarvioida. Toiminnan aikana ja hapellisissa olosuhteissa pH pysyy niin matalana (pH noin 3), että sorptiolla ei ole merkittävää vaikutusta suotovesilaatuun, joten viipymän virheellinen arviointi ei tuo merkittävää epävarmuutta tuloksiin. Sulkemisen jälkeisessä tilanteessa sorptiolla on merkitystä, erityisesti KL2 alueen osalta (pH 5,2). Alkuaineet, joihin sorptiolla (ja sen mahdollisella väärinarvioinnilla) on erityisesti merkitystä on merkitty suotovesikoostumuksien tulostaulukoissa 4-1 (hakemuksen liite 17, KL2 peittorakenteen suotoveden geokemiallinen mallinnus). Tärkeimpien mahdollisesti ympäristölle vaarallisten parametrien (Cd, Ni, Zn, SO₄ pitoisuudet) osalta sorptiolla ei ole käänteentekevää merkitystä.

Osa vapautuvasta raudasta voi hapettua vasta suotoveden päästyä pois sivukivialueelta (latenttihappamuus). Prosessia ei ole huomioitu mallinnuksessa, koska tätä ei nähdä realistisesti mahdollisena arvioida luotettavasti. Vaikutusta todellisissa olosuhteissa on vaikea luotettavasti ottaa huomioon sulkemisen jälkeisessä mallissa, koska sulkemisen jälkeiset olosuhteet tulevat olemaan hyvin poikkeavia toiminnan aikaisesta (josta on mittaustietoa tulosten verifiointiseksi). Raudan määrä on mallinnettu kosteuskammiokokeen perusteella. Rautasulfideja on kivissä

paljon, joten raudan määrän sinänsä ei oleteta olevan tärkeimpiä pidätymistä rajoittavia tekijöitä, matala pH on tärkein raudan saostumista ja siten sorptiota rajoittava tekijä.

GTK: Miten oletettu raudan hapettuminen ja saostuminen on huomioitu pH:ssa? Miten pH-olosuhteiden kehittämisessä on huomioitu muiden metallien (mukaan lukien silikaateista happamissa olosuhteissa vapautuvan alumiinin) ja niiden hydrolyysireaktioiden vaikutus? Miten tasapainomallinnuksen redox-olosuhteet on määritetty ja miten hyvin nämä vastaavat läjityksen olosuhteita (sulkemisen jälkeen)?

Yhtiö toteaa, että aineiden pitoisuudet (myös Al) on arvioitu kosteuskammiokokeen perusteella. Mallinnuksessa on oletettu suotoveden olevan tasapainossa. Tasapainomallinnuksessa on käytetty yleisesti verifioitua ohjelmaa Geochemist Workbench. Yhtiö huomauttaa, että kaikkia ohjelman huomioivia tasapainoyhtälöitä ei ole tarkoituksenmukaista ja tavallisten käytäntöjen mukaista esittää. Ohjelma määrittää annetun koostumuksen perusteella vesityypin ja sen mukaan arvioi huomioonotettavat reaktiot. Ohjelma laskee myös pH:n tasapainotuksen jälkeen.

GTK: Millaista epävarmuutta liittyy raudan ja muiden liuenneiden aineiden (erityisesti redox-sensitiivisten haitta-aineiden) käyttäytymiselle? Miten sekundääriset mineraalit on huomioitu happamuuden ja haitta-aineiden mahdollisena lähteenä osittain hapettuneessa sivukivessä (ks. esim. Kaasalainen et al. 2019) ja raudan hydroksidien oletetun saostumisen yhteydessä?

Yhtiö toteaa, että hakemuksen liitteinä toimitetuissa mallinnusraporteissa on kuvattu epävarmuuksia. Suotovesissä, joissa pH jää matalaksi (<4) raudan käyttäytymiseen liittyvät epävarmuudet (erityisesti sorption kautta haitta-ainepitoisuuksiin) ovat maltillisia (koska sorption määrä on yleisesti pieni) ja kohdistuvat ympäristöarvion kannalta vähemmän merkityksellisiin parametreihin.

Kolonnikokein on tutkittu sekundäärimineraaleihin sitoutunutta kuormaa ja tämän osuus on todettu pieneksi verrattuna hapettumisesta aiheutuvaan kuormaan. Lisäksi sekundäärimineraalien vaikutuksen arvioimiseen liittyy suuria epävarmuuksia, koska prosessi on vuorovaikutteinen: jotain saostuu ja jotain liukenee, joten on läpinäkyvämpää, ettei vaikutusta edes pyritä ottamaan huomioon muuten kuin kosteuskammiokokeen tulosten kautta epäsuorasti. KL2 osalta suotoveden koostumuksen kehitystä voidaan tarkkailla jätealueen sulkemisen jälkeen (suotovesi johdetaan vesienkäsitteilyyn) ja vasta noin 40 vuoden päästä alueen sulkemisesta vedellä on vaikutusta ympäristökuormiin (Kuusilammen louhosjärven kautta), joten pyrkimystä sekundäärimineraalien purkautumisen/saostumisen vaikutuksen arvioimista yhtiö ei näe erityisen tärkeänä.

GTK: Mihin perustuu arvio, etteivät KL2 sivukivien hapettuminen pääse koskaan etenemään yhtä pitkälle kuin kosteuskammiokeissa, vaikka sivukivialueelle on aloitettu läjitys jo seitsemän vuotta sitten eikä aluetta ole vielä peitetty?

Terrafame huomauttaa, että kosteuskammiokokeessa nähdään kiven koko hapettumiskehitys. Tällä hetkellä tuloksia on saatavilla viikkoon 138 asti. Loppupäässä silikaattien rapautuminen kiihtyy ja sulfideista on pääosin jäljellä enää hyvin kiderakeiset ja suuret pyriitit. Sivukivialueella ei ole nähtävissä merkkejä, että oltaisiin siirtymässä tähän vaiheeseen. Suotovesilaadun kannalta on keskimäärin konservatiivista painottaa kosteuskammiokokeen alkupäätä. Koejakson valinnan merkitystä on tarkasteltu käyttäen kosteuskammiokokeen eri jaksoja, eikä jakson valinnalla ole nähty merkittävää vaikutusta suotovesilaatuun. On huomioitava, että mallinnuksessa käytettävä syöte edustaa alueella olevaa keskimääräistä kiveä. Peiton rakentamisen alkaessa osa kivistä on ollut alueella pidempään ja osa lyhyempään. On myös huomioitava, että reaktiivista osaa on vain kivimateriaalin pinnalla ja hapettuminen/huuhtoutuminen tapahtuu selkeästi tehokkaammin kosteuskammiokokeessa kuin todellisuudessa.

GTK: Mihin perustuu sulfidimineraalien hapettumisessa muodostuvan lämmön huomioimatta jättäminen? Tukevatko sivukivikasoista ja suotovesimääristä tehdyt havainnot tätä oletusta?

Yhtiö toteaa, että lämmön vaikutus hapettumisnopeuksiin huomioidaan lämpötilan muunnoskertoimen avulla. Käytetty luku (0,25) on määritetty perustuen paikallisiin sääoloihin ja arvioiden hieman ylöspäin. Luvussa on myös otettu huomioon mahdollinen ilmastonlämpenemisen vaikutus. Lämpötilan muunnoskertoimen kasvattaminen lisää kuormia avoimen hapettumisen tilanteessa (toiminnan aika), mutta sulkemisen jälkeen hapettumista rajaa hapen saatavuus, joten käytetyllä lämpötilakertoimella on vähäinen merkitys. Toiminnan aikaiset mallinnetut tulokset vertautuvat hyvin mitattuihin suotovedenkoostumuksiin, joten ei nähty tarkoituksenmukaisena lähteä muuttamaan muunnoskertoimia alun perin valituista.

GTK: Mihin lähteisiin ja aineistoihin perustuvat mallinnuksessa käytetyt skaalaus- ja huuhtoutumiskertoimet?

Yhtiö luettelee alla mallinnuksiin käytetyt lähteet ja aineistot skaalaus- ja huuhtoutumiskertoimille.

- MEND, 2009. *Prediction manual for drainage chemistry from sulphidic geologic materials. MEND report 1.20.1. December 2009*
- MEND, 2010. *Cold regions cover research – phase 2. MEND report 1.61.5b.*
- MEND 1997. *Short course for prediction models for acid rock drainage. 4th International conference on acid rock drainage. Vancouver 1997.*
- Beddoes, P., Herrell, M. & Vanderberg, J. 2013. *Role of professional judgement and scaling in interpretation of water quality model results. Reliable mine water technology. IMWA 2013.*
- Lapakko, K & Olson, M. 2015. *Scaling laboratory sulfate release rates to operational waste rock piles. 10th International Conference on Acid Rock Drainage & IMWA Annual Conference, At Santiago, Chile*

- Kirchner, T. & Mattson, B. 2015. *Scaling Geochemical Loads in Mine Drainage Chemistry Modeling: An Empirical Derivation of Bulk Scaling Factors*. 10th International Conference on Acid Rock Drainage & IMWA Annual Conference, At Santiago, Chile

GTK on pyytänyt Terrafamea esittämään tulokset numeerisesti ja välivaiheittain, sekä mallinnuksen ja mallinnustulosten tarkastelua prosessilähtöisesti. Herkkyystarkastelu pyydetään esittämään yksityiskohtaisesti noin tusinan eri parametrin muutosten suhteen. GTK suosittelee hyödyntämään ja vertaamaan tuloksia muilla mallinnusmenetelmillä tehtyihin mallinnuksiin, jotka mahdollistaisivat paremmin eri sulfidimineraalien reaktioiden, silikaattimineraalien rapautumisen sekä suotoveden pH- ja redox-olosuhteiden kehittymisen ja yhteisvaikutusten arvioimisen suhteessa suotoveden vedenlaatuun. Mallinnuksen kehittäminen, prosessilähtöinen tarkastelu ja useampien eri mallinnusmenetelmien hyödyntäminen ja vertailu edistäisi myös peittorakenteen toimivuuteen liittyvien riskien arviointia sekä kvantitatiivisten ja realististen kriteerien asettamista peittorakenteen toimivuudelle ja menestyksekkäälle sulkemiselle. GTK toivoo selvennystä siihen, voidaanko esitetyistä mallinnustuloksista merkittävästi poikkeavia pitoisuuksia sisältävien suotovesien katsoa lähtökohtaisesti viittaavaan siihen, ettei peittorakenne toimi ja on tarve käynnistää korjaavia toimenpiteitä

Yhtiö toteaa, että mallinnukset on tehty perustuen kaivoksien suotovesilaatujen mallinnuksissa tavanomaisesti käytettyihin menetelmiin. Suomen lupaviranomainen ei ole tyypillisesti vaatinut useiden erilaisten mallinnusmenetelmien käyttöä validointitarkoituksiin. Hakija katsoo toiminnan aikaisen suotovesilaadun toimivan tyydyttävästi mallin kalibrointiin. Kuormalähtöinen tarkastelu ei ole mahdollinen virtaamatietojen puuttuessa (ks. seuraava kohta). Eri prosessien irrallinen tarkastelu ja sitten mallinnuksella yhdistäminen vaatii nykyistä empiiriseen testausaineistoon perustuvaa lähtökohtaa selkeästi suuremman määrän oletuksia. Joakaiseen oletukseen liittyy omat epävarmuudet, lisäksi mahdollisia huomiotta jääviä yhteisvaikutuksia on vaikea arvioida. Kokeellisen, todellisia prosesseja imitoivan, lähtöaineiston käyttö on myös kansainvälisen kaivosten suotovesien hallintaa edistävien yhteisöjen (esim. INAP ja MEND) suositus.

Peittorakenteen vaikutuksen mallinnusmenetelmä perustuu hakemuksessa peittorakenteelle esitettyihin toiminnallisiin tavoitteisiin hapen- ja vedenläpäisevyyden osalta. Siten tulokset olettavat, että näihin tavoitteisiin päästään. Mallinnusraportissa kerrotaan, että sulkemisen jälkeiset tulokset (KL2 alueet) koskevat tilannetta, jossa sivukivien hapettuminen on suotovesilaatua pääsääntöisesti määrittävä tekijä (ks. myös seuraava kohta ajallisesta epäselvyydestä) eli sivukivet ovat ehtineet huuhtoutua sekundäärimineraalien aiheuttamasta kuormasta. Toiminnalliset tavoitteet sinänsä nähdään realistisina käytetylle tekniselle ratkaisulle (ks. hakemuksen dokumentaatio, myös *INAP (International network for acid pre-*

vention) 2017, *Global cover system design, technical guidance document*). Kuten GTK mainitsee, suurimmat riskit liittyvät peittorakenteen laadunvarmistamiseen ja siten toiminallisiin tavoitteisiin pääsemiseen.

Terrafamen sivukivialueet ovat massiivisia ja niillä oleva sivukivi on erittäin reaktiivista kuten GTK mainitsee. Toiminnan aikaisessa tilanteessa ilma pääsee vapaasti kulkemaan sivukivialueella ja hapettuminen etenee nopeasti. Tässä tilanteessa sivukiven määrä on hapettumista rajoittava tekijä. Sulkemisen jälkeen hapettumista rajoittava tekijä on hapen saataavuus eli sivukivialueen pinta-ala ja peittorakenteen hapenläpäisevyys. Mikäli kivet olisivat vähemmän reaktiivisia ja niitä olisi pinta-alaan suhteutettuna vähemmän, olisi toiminnan aikainen kuorma huomattavasti pienempi. Toiminnan aikaisen kuorman suuruus on siis pääsääntöinen syy prosentuaalisesti huomattavaan (99,5 %) kuorman pienenemiseen. Verrattaessa kohteeseen, jossa toiminnan aikana sivukivet hapettuvat Terrafamen sivukiviä rajoitetummin, toiminnan aikainen kuorma on pienempi, mutta sulkemisen tilanteessa (jossa peittorakenteen hapenläpäisy rajaa hapettumista) kuorma olisi samaa luokkaa kuin Terrafamen kivissä. Peittorakenne siis vähentää Terrafamella suotoveden pitoisuuksia paljon tehokkaammin kuin useilla muilla kaivoksilla. Hakemuksessa esitetty peittorakenteen toiminnallisen tavoitteen vedenläpäisevyyden katsotaan sallivan peittorakenteessa olevan reikiä enemmän kuin hapenläpäisylle annetun tavoitteen. Suurempi vesimäärä liuottaa pitoisuuksia, mutta ei vaikuta kuormiin, joten pienemmällä vedenläpäisyllä suotoveden pitoisuudet olisivat nykyistä arviota korkeampia.

Terrafame toteaa, ettei se osaa tulkita GTK:n kommenttia nykyisen tilanteen erilaisuudesta sulkemisen jälkeisiin suotovedenlaatuihin. Terrafamen kaivospiirillä ei ole vielä peitettyjä sivukivialueita, joten sulkemisen jälkeiselle ajalle määritettyjä suotovesilaatuja ei voida verrata mitattuihin koostumuksiin eivätkä nämä mitenkään kerro peittorakenteen toimintomuuudesta tällä hetkellä. Yhtiö myös toteaa, että sulkemisen jälkeinen vesilaatu on mallinnettu koskemaan koko toiminnan sulkemisen jälkeistä vedenlaatua eli KL2 alueen sulkemisen jälkeen kestää joitain vuosia tai vuosikymmeniä saavuttaa tämä tilanne.

GTK pitää merkittävänä puutteena, ettei hakemuksissa ole esitetty suotovesien tarkkailutuloksiin perustuvaa arviota KL2:lta nykyhetkellä aiheutuvasta kuormituksesta. Tätä tulisi myös verrata mallinnuksella saatuun toiminnan aikaiseen kuormaan. Mallinnustuloksia pyydetään laajentamaan toiminnan ajan eri vaiheisiin ja arvioimaan kuormien yhteismääriä ja niiden kehitystä. Lisäksi GTK pyytää hakijaa tekemään hakemuksissa kokonaisvaltaisemman sulkemisen jälkeisten kuormien arvion, jossa huomioidaan kaikki kaivospiirin alueella olevat kaivannaisjätealueet, louhosjärvet ja lammet. Sulkemisen jälkeiset kuormitukset pitäisi arvioida suhteessa vedenlaadulle asetettuihin tavoitteisiin ja lisäksi pitäisi esittää koska vedenlaatu paranee sille tasolle, ettei aktiivista vedenkäsittelyä tarvita.

Terrafame toteaa, että toiminnan aikana sivukivialueilla muodostuvat suotovedet johdetaan vesienkäsittelyyn, joten kuormilla nähdään olevan

vähäinen käytännön merkitys, eikä toiminnan aikaista kuormitusta ole esitetty samalla tavalla kuin on esitetty sulkemisen jälkeiselle ajalle. Sulkemisen jälkeen kuormat ovat oleellista lähtötietoa ympäristövaikutusten arvioinnissa. Sivukivialueilta ei tällä hetkellä kerätä tarkkaa tietoa eri vesijakeiden määrästä siten, että voitaisiin helposti määrittää koko sivukivialueelta tuleva vuotuinen vesimäärä. Suotovedet kerääntyvät eri altaiisiin, joista niitä johdetaan eteenpäin. Prosessissa on virtausmittareita, mutta vuotuisen kokonaisvesimäärän arvioon katsotaan liittyvän yhtä paljon epävarmuuksia verrattuna sadannasta laskettuihin arvioihin. Siten kuormien tarkastelusta ei nähdä saatavan lisäarvoa verrattuna pitoisuuksien tarkasteluun.

Yhtiö näkee GTK:n kommenttien olevan epäsuhdassa kyseessä olevien hakemusten sisällöllisen kattavuuden näkökulmasta. Koko toiminta-alueen kuormien tarkastelu sulkemisen jälkeiselle ajalle esitetään Terrafamen laatimassa kokotoiminnan sulkemissuunnitelmassa, joka on toimitettu PSAVI:lle hakemusasiana joulukuussa 2024. Toiminnan aikana sivukivialueiden vedet johdetaan vesienkäsittelyyn, joten kuormien ja niiden kehittymisen tarkastelua huomioiden koko aluetta ei nähdä yksittäisten sivukivialueiden hakemusten pakollisena sisältönä.

2. Peittorakenne, koetoiminta ja tarkkailu

GTK huomauttaa, että peittorakenteissa tarvittavien maa-ainesten riittävyys arvioimiseksi olisi hyvä tarkentaa, mikä osuus tästä määrästä on kitkamaata, joka soveltuu teknisiltä ominaisuuksiltaan sivukivialueiden peittorakenteen pintamaakäyttöön. Hakemuksessa olisi ollut kaiken kaikkiaan hyvä esittää täsmällisemmin pintamaakerrokseen teknisiltä ominaisuuksiltaan soveltuvien maa-ainesten määrät, sijainnit ja haitta-ainepitoisuudet sekä laatukriteerit puhtaille pintamaille.

Terrafame toteaa, että soveltuvia kitkamaita on selvitetty aktiivisesti tarkoituksena varmistaa niiden riittävyys. Kaivospiirillä on läjitettynä eri tuotantoalueiden rakentamisen yhteydessä poistettuja kitkamaita, minkä lisäksi kaivospiirin alueella on tunnistettu potentiaalisia maa-ainesalueita. Kitkamaita ja niiden laatua selvitetään pohjatutkimuksilla ja laboratoriotutkimuksilla sekä vanhoilla läjitysalueilla, että luonnon kitkamaa-alueilla. Tämän hetken näkemyksen mukaan KL1- ja KL2-sivukivialueille on sulkemiseen tarvittava määrä soveltuvaa kitkamaata ja kivimateriaalia.

GTK näkee, että hakemuksessa olisi tullut esittää tarkkailuohjelmassa kuvattu suunnitelma maa-ainesten kertaluontoisesta testauksesta maa-ainesten sijoituspaikan ja käyttömahdollisuuksien selvittämiseksi.

Terrafame toteaa, että yhtiö noudattaa Kainuun ELY-keskuksen hyväksymää tarkkailuohjelmaa suunnitellun mukaisesti ja yhtiö ei nähnyt tarvetta nostaa hakemuksessa maa-ainesten testausuunnitelmaa erikseen esille. Yhtiön mahdollisesti tuotanto- tai muilta rakennettavilta alueilta poistettavien maa-ainesten testaus tehdään kertaluontoisesti ko-

koomanäytteistä, lähinnä maa-ainesten sijoituspaikan ja käyttömahdollisuuksien selvittämiseksi. Luokittelutarpeen varalta tässä sovelletaan kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) mukaista analytiikkaa: ABA-testi, kuningasvesiuutto sekä liukoisuustesti 2-vaiheisella ravistelutestillä. Kuningasvesiuuton parametrivalikoima noudattaa kaivannaisjäteasetusta ja paikkakohtaisia riskitekijöitä (vähintään As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, V, Zn, U). Liukoisuus määritetään 2-vaiheisella ravistelutestillä seuraaville parametreille: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Hg, Pb, Sb, Se, V, Zn, DOC, Cl, F ja SO₄.

Näytteenotto tehdään erillisen suunnitelman mukaan. Suunnitelmassa on huomioitava eri maalajien esiintyminen sekä poistettavan kerroksen paksuus. Näytteenotto on edustavaa maalajeittain, alueellisesti sekä syvyysuunnassa.

Tarkkailuohjelman mukaisesti voidaan toimia myös sellaisissa tilanteissa, että maa-aineksia otetaan hyödynnettäväksi kaivospiirin alueelta myös muista kuin rakennettavista kohteista, joilta maa-aines viedään läjitettäväksi.

GTK toteaa, että Terrafame on toteuttanut erilaisia peittorakennetestejä sulkemissuunnittelun tueksi ja testien tuloksista on esitetty yhteenvedo. Peittorakennetestien yhteydessä ei kuitenkaan ole esitetty suotoveden vedenlaatuun liittyviä tuloksia tai havaintoja. Vesimäärien lisäksi olisi hyvä esittää, mitä havaintoja testeissä on tehty koskien suotoveden laatua sekä miten tulokset tukevat esitettyjä oletuksia, suotoveden laadun mallinnustuloksia ja kuormituksen nopeaa vähenemistä.

Terrafame toteaa, että hakemuksessa esitetyt yhteenvedot koetoimintojen osalta ovat riittävät. Koetoiminnot ovat olleet osa yhtiön pitkänajan sulkemissuunnitelmaa, joiden avulla yhtiö on pyrkinyt kehittämään parhaan mahdollisen teknistaloudellisesti toteutettavissa olevan peittorakenteen. Tutkimusten pääpaino on ollut veden- ja erityisesti myöhemmin myös hapenläpäisyn tutkimisessa. Hakemukseen viitaten monet koetoiminnoista eivät ole olleet täysin vedenpitäviä, jolloin peittorakennetestien peittorakenteiden läpisuotautuvat vedet eivät ole olleet laadultaan sellaisia, mihin voisi perustaa suurempia havaintoja tai johtopäätöksiä. Peittorakennetesteistä yhtiö on ottanut nykyiseen hakemuksessa esitettyyn peittorakenteeseen hyväksi ja toimivaksi havaitsemiaan työvaiheita ja rakenteita. Peittorakennetesteissä tutkitut rakenteet eivät täysin vastaa hakemuksessa esitettyä rakennetta. Lisäksi peittorakennetesteissä vain pieni alue ollut peitettyä, jolloin mahdollisesti avonaiselta sivukivialueelta on voinut päätyä suotovesiä peittorakennetestien keruukaivoihin.

GTK tuo esille, että rakennusvaiheessa KL2-sivukivialueen peiton toimivuutta aiotaan seurata lysimetrein vain ensimmäisen peitetyn alueen osalta. GTK mukaan hakemuksessa olisi hyvä perustella, millä tavoin yhden alueen peittäminen riittää takaamaan muiden

alueiden toimivuuden. Myös tätä olisi hyvä tarkentaa, millä perusteella määritellään, milloin käytetään lysimetriseurantaa.

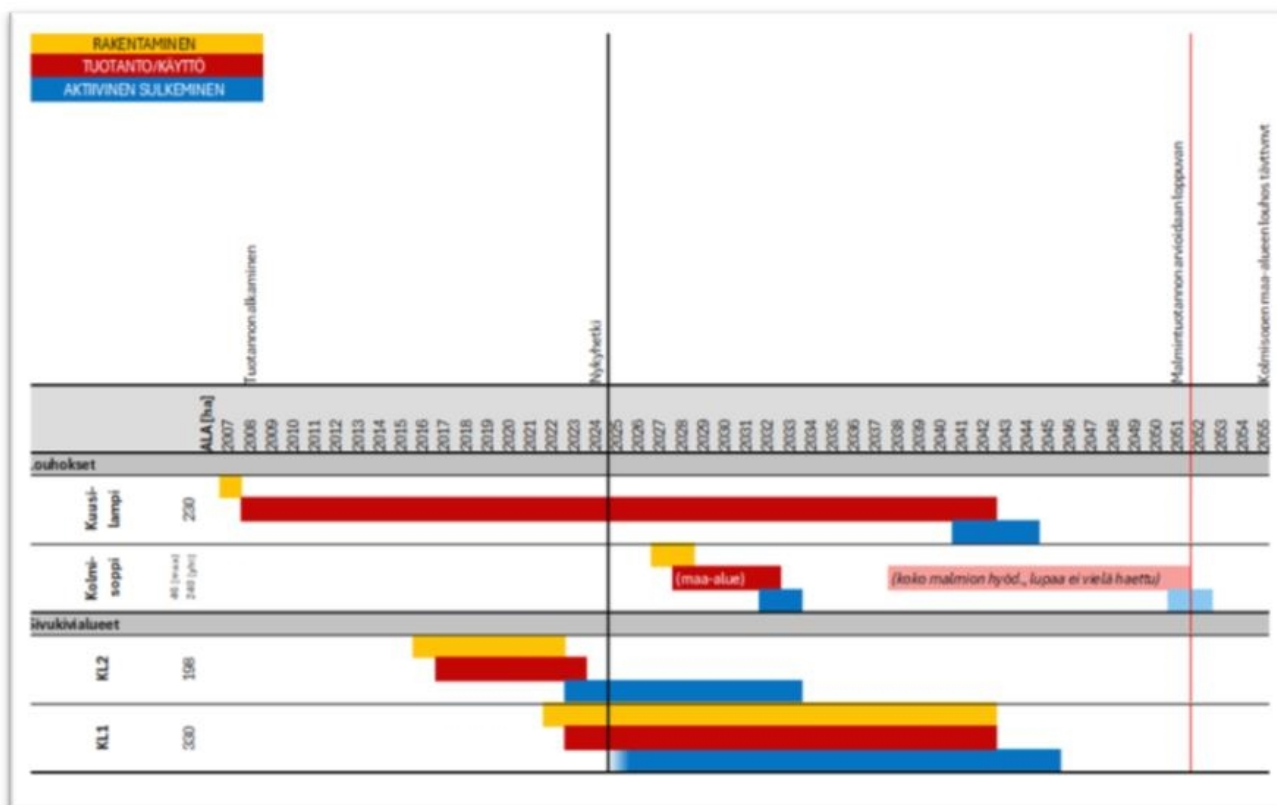
Yhtiö toteaa lysimetrien osalta, että KL2 sivukivialeen rakennusvaiheelle 1 on asennettu lysimetri, jolla seurataan peittorakenteen toimintaa. Tämän asennetun lysimetrin tulosten perusteella määritetään lisälysimetrien tarve peittorakenteelle.

GTK tuo esille, että vakuuden vapauttamisen ja peittorakenteiden toimivuuden varmentamiseksi olisi suositeltavaa esittää sellaiset suotovesien määrään ja laatuun sekä kuormitukseen perustuvat kvantitatiiviset kriteerit, joiden perusteella peittorakenteiden toimivuutta voidaan arvioida eri aikaväleillä, ja joiden toteutuessa sulkemistavoitteiden voidaan katsoa toteutuneen.

Yhtiö on arvioinut hakemuksen kohdassa 6.5 suotoveden geokemialliseen mallinnukseen perustuen (hakemuksen liite 17) peittorakenteelle asetettujen toiminnallisten tavoitteiden perusteella suotoveden laadulle tapahtuvat muutokset. Suotovesien määrää ja laatua seurataan yhtiön käyttötarkkailussa, minkä lisäksi suotoveden laatua seurataan ja raportoidaan velvoitetarkkailun osana. Yhtiön näkemyksen mukaan mallinnuksessa esitetyt toiminnallisten tavoitteiden mukaan mallinnetut pitoisuudet ja kuormitukset ovat sellaisenaan toimivat kriteerit, joiden perusteella voidaan arvioida sulkemisen onnistumista. Koska suotovesien käsittelylle on asetettu erilliset vakuudet ja alueet suljetaan vaiheittain, jolloin suotovesien muodostuminen ja laatu eivät heti vastaa peitettyjä olosuhteita, peittorakenteen toteuttamiseksi asetettujen vakuuksien vapautumista ei kuitenkaan tule arvioida suotovesien laadun perusteella.

GTK suosittelee lausunnossaan, että sivukivialueiden sulkemisen ja sulkemistoimien aikataulua sekä KL2:n ja KL1:n sulkemisen keskinäistä riippuvuutta selvennetään. KL2:n sulkemistoimien viivästymistä KL1:n sulkemisen takia tulisi arvioida myös ympäristövaikutusten, vesienhallinnan ja ympäristöriskien näkökulmasta.

Suljettavien alueiden laajuuteen ja rakenteiden toteutusaikatauluun vaikuttavat useat tekijät, mm. läjityksen eteneminen, työvaiheiden yhteensovittaminen sekä sääolosuhteet. Terrafame toteaa, että yhtiön on esittänyt PSAVI:ssa vireillä olevassa koko toiminnan sulkemissuunnitelmassa kaikkien toimintojen sulkemista koskevan aikataulun, jossa myös käsitellään sivukivialueiden sulkemisen aikataulua. Alla kuvassa 6 esitetty KL2 ja KL1 sivukivialueiden sulkemisen keskinäinen suhde.



Kuva 6. Ote koko toiminnan sulkemissuunnitelman mukana toimitetusta arvioidusta sulkemisen aikataulusta.

KL2 sulkemisen viivästymisen osalta yhtiö toteaa, että riskinarviointi ja ympäristö- ja turvallisuusriskien hallinta ovat oleellinen osa sulkemissuunnittelua ja sulkemisen tavoitteiden määrittelyä. Riskienarviointia päivitetään säännöllisesti. KL2 sivukivialueella on toimivat pohjarakenteet ja hyvä suotovesien keräily, joita on kuvattu hakemuksessa sekä tässä selityksessä, jotka ehkäisevät ympäristövaikutusten muodostumista. Yhtiö toteaa lisäksi, että KL2 sulkeminen parantaa vesitaseen hallintaa ja siten myös ympäristö- kuin patoturvallisuutta. Yhtiö on siis tunnistanut, että sulkemisen viivästymisellä voi olla vaikutuksia aluekohtaisiin vesitaseisiin, mikäli sulkeminen etenee toisella alueella nopeammin kuin toisella. Vesien keruu- ja johtamisjärjestelyt on kuitenkin mitoitettu KL2-alueella oletuksella, että koko alue on peittämätön ja vesienkeräilyyn piirissa. Yhtiö mallintaa vesitasetta viikoittain.

GTK nostaa lausunnossaan esille, että KL2:sta olisi tärkeää esittää hakemuksessa alueella nykyhetkellä aiheutuva kuormitus ja sen kehittyminen peittämisen myöhästyessä. GTK toivoo, että sivukivialueilta aiheutuvan kuormituksen pienemiselle esitetään selkeä aikataulu ja kuormitukselle asetetaan kriteerit, joilla sulkemisratkaisujen toimintaa ja sulkemisen onnistumista sekä mahdollista korjaus- tai parannustarvetta voidaan arvioida.

Terrafame muistuttaa, että toiminnan aikana sivukivialueiden vedet johdetaan joko liuoskiertoon hyödynnettäväksi tai vesienkäsittelyyn. Sulkemisen jälkeen kuormat ovat oleellista lähtötietoa sulkemisen jälkeisten

ympäristövaikutusten arvioinnissa. Sivukivialueilta ei tällä hetkellä kerätä tarkkaa tietoa eri vesijakeiden määrästä siten, että voitaisiin helposti määrittää koko sivukivialueelta tuleva vuotuinen vesimäärä. Suotovedet kerätään eri altaisiin, joista niitä johdetaan eteenpäin liuoskiertoon tai vesienkäsittelyyn. Prosessissa on virtausmittareita, mutta vuotuisen kokonaisvesimäärän arvioon katsotaan liittyvän yhtä paljon epävarmuuksia verrattuna sadannasta laskettuihin arvioihin. Siten kuormien tarkastelusta ei nähdä saatavan lisäarvoa verrattuna pitoisuuksien tarkasteluun.

Terrafame lisää, että koko alueen kuormien tarkastelu sulkemisen jälkeiselle ajalle esitetään Terrafamen laatimassa kokotoiminnan sulkemissuunnitelmassa, joka on toimitettu PSAVI:lle hakemusasiana joulukuussa 2024.

GTK suosittelee, että tarkkailussa huomioidaan tarve riittävän laajalle alkuainevalikoimalle, totaali- ja liukoisten pitoisuuksien määrittämiselle ja sivukivialueilta aiheutuvan kuormituksen selvittämiselle, jotta hakemuksessa esitettyjen arvioiden toteutumista ja ehdotettujen rakenteiden toimivuutta voidaan arvioida. Uraania tulee pitää keskeisenä haitta-aineena. Sulfaatin lisäksi GTK suosittelee lisäämään kokonaisrikin tarkkailuun.

Terrafame toteaa, että sulkemisen aikana ja sulkemisen jälkeen yhtiö toteuttaa tarkkailuohjelman mukaista tarkkailua. Terrafamen tarkkailuohjelman mukaisesti velvoitetarkkailun näytteet otetaan 4 krt/v KL2 sivukivialueen suoto- ja pohjarakenteiden alapuolisista vesistä. Kuvassa 7 on esitetty tarkkailuohjelman mukaiset analyysit kyseisistä vesijakeista. Lisäksi yhtiö tarkkailee kyseisiä vesijakeita omassa käyttötarkkailussa vähintään viikoittain.

Pohjarakenteiden alapuoliset vedet, 4 krt/v	Suotovedet, 4 krt/v
Lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, alkaliniteetti Sulfaatti (SO ₄), Liuk.- ja kok. pitoisuudet: Hg, Ni, Zn, U, Cd, Mn, Fe, Al Kok. Pitoisuudet: Na, Ca, Mg kok.fosfori, kok.typpi, COD _{Mn} NO ₂₊₃ -N, NH ₄ -N	Lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, Sulfaatti (SO ₄) Cu, Ni, Zn, U, Mn, Fe, Na, Ca, Mg, Al, Sb, As, Ba, Cd (liuk.), Co, Cr, Hg (liuk.), V, Pb, kok.fosfori, kok.typpi, COD _{Mn} NO ₂₊₃ -N, NH ₄ -N

Kuva 7. Sivukivialueen KL2 rakenteiden alapuolisien vesien sekä suoto-vesien analyysipaketit tarkkailuohjelman näytteille.

Uraanin osalta yhtiö toteaa, että uraania pidetään keskeisenä haitta-aineena ja uraania tarkkaillaan jatkossakin. Rikin osalta yhtiö toteaa, että kokonaisrikin lisääminen vesijakeiden tarkkailuun on mahdollista.

Terrafame tuo esille, että yhtiö on tarkkaillut sivukiveä kuukausittain vuoden 2017 joulukuusta lähtien. Sivukivistä kootaan kuukausittain edustavat kokoomanäytteet, erikseen kiilleliuskeesta sekä mustalius-

keesta. Jokaisesta louhintaerästä otetaan sivukivinäyte ja niistä koostetaan edustava näyte suhteessa louhittavien kenttien kokoon. Kuvassa 8 on esitetty yhtiön sivukivinäytteiden testaus suunnitelma. Lisäksi kuten yhtiö aikaisemmin tässä vastineessa tuonut esille, yhtiö toteuttaa kaivannaisjätteiden pitkäaikaistestausta. Yhtiö viittaa tältä osin hakemuksen liitteeseen (liite 16) pitkäaikaiskäyttämisen tutkimisen ja tarkkailun osalta.

SIVUKIVI	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	Kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
Kuningasvesiuutto As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn, U	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kuningasvesiuutto, laaja alkuainevali- koima	x			x			x			x		
ABA-testi	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NAG-testi	x			x			x			x		
NAG-testin loppuli- uos: As, Ba, Ca, Cd, Co Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Sb, V, U ja Zn	x			x			x			x		
Kontaktiliukoisuus	x						x					

Kuva 8. Sivukivinäytteiden testausaikataulu.

Yhtiö on asentanut KL2 alueelle jatkuvatoimisia mittalaitteita vuonna 2024 kesällä suljetun alueen sulkemisrakenteiden tarkkailemiseksi. Yhtiö mittaa jatkuvatoimisesti sulkemisrakenteiden alapuolelta happea, veden virtaamaa ja alueen sadantaa. Peittorakenteen instrumentointi saatiin valmiiksi joulukuussa 2024.

Yhtiö toteaa, että KL2 sivukivialueen tarkkailu on ollut toiminnan aikana riittävän laajaa. Sulkemisen aikana ja sulkemisen jälkeen tarkkailua tul- laan jatkamaan vesijakeiden osalta. Yhtiön näkee, että hakemuksessa esitettyjen arvioiden toteutumisesta ja ehdotettujen rakenteiden toimi- vuutta voidaan arvioida nykyisten tarkkailutietojen perusteella. Yhtiö on lisäksi sulkemisen edetessä varautunut lisäämään omaehtoista tarkkai- lua, jos näin havaitaan sulkemisen toimintojen aikana tarpeelliseksi.

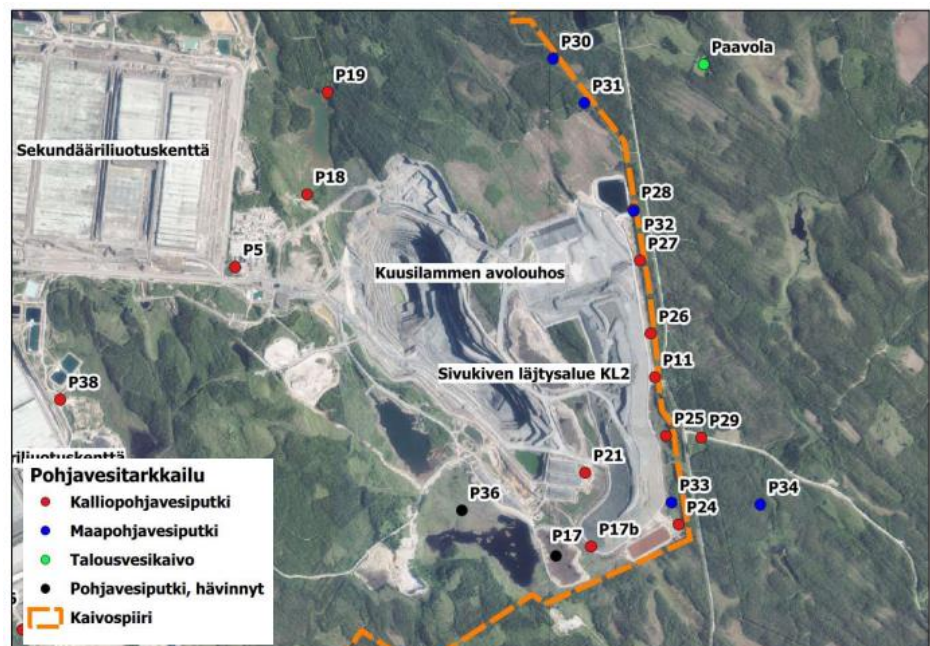
3. KL2-sivukivialueen pohjavesiruhjeet ja pohjaveden kulkeutumi- nen sulkemisen jälkeen

GTK mukaan lupahakemuksessa tulisi esittää KL2 sivukivialueen itäpuolella ja kaivosalueen ulkopuolella sijaitsevat kallioruhjeet ja pohjavesien virtaussuunnat sekä käsitellä alueiden sulkemisen vaikutusta niihin. Oleellista olisi kuvata, mihin pohjavedet virtaavat kaivosalueen ja KL2-sivukivialueen itäpuolella nyt ja toiminnan päätyttyä. GTK suosittelee lisäksi arvioimaan, voiko sulkemisesta ja myöhemmin suojapumppauksen sekä kuivatuspumppausten loppumisesta muodostua pohjavesivaikutuksia myös kaivosalueen ulkopuolelle, jos kuivatuspumppaus, ja mahdollisesti myös suo- jauspumppaus, estää tällä hetkellä pohjavesien pilaantumista alu-

eella. Hakemuksen mukaan pohjavesien virtaussuunta pysyisi louhokseen päin ainakin Kuusilammen eteläpuolella myös kuivatuspumpppauksen loputtua ja louhoksen täytyttyä. Tälle olisi ollut hyvä esittää perustelut. Hakemuksessa olisi ollut myös hyvä kuvata, mihin vesi päätyy louhoksesta, kun kuivatuspumpppaus loppuu, ja voiko tällä olla vaikutusta pohjavesien laatuun kaivosalueella tai sen lähistöllä. GTK muistuttaa, että hakemuksen mukaankin alueella esiintyy isoja malminsuuntaisia ja siten avolouhoksesta vettä mahdollisesti kuljettavia ruhjeita. GTK toivoo tarkempaa selvitystä alueen pohjavesivaikutuksista, nykyisestä kuormituksesta, pohjavesien virtaussuunnista ja niiden muutoksista sulkemisen jälkeen.

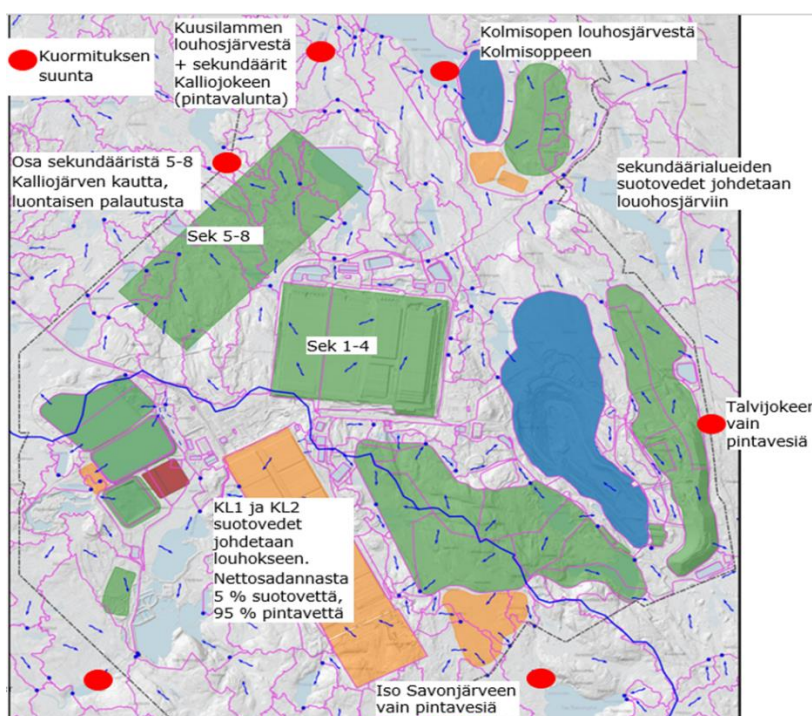
Kalvorakenteilla peitetyt alueet vähentävät pohjaveden muodostumista ja pohjaveden pinnan taso voi madaltua sivukivialueen alapuolella. Kuva 9 (hakemuksen kuva 25) esitetään pohjavesien tarkkailupisteet KL2 sivukivialueen lähiympäristössä. Pohjavesien tarkkailupisteillä P17b ja P21 on havaittu pinnan vaihtelua. Muilla alueen tarkkailupisteillä pohjaveden pinnankorkeudet ovat luontaisen vaihteluvälin sisällä.

Tarkkailupisteet P17b ja P21, joissa on havaittu selviä pinnankorkeudenmuutoksia, ovat varsin lähellä sekä Kuusilammen avolouhosta että sivukivialuetta KL2, joten muutokset pohjaveden pinnankorkeudessa eivät ole odottamattomia. Sivukivialueen KL2 itäreunalla olevissa pohjavesiputkissa ei havaita merkittäviä selkeästi ihmistoiminnan seurauksen tapahtuneita vesipinnan muutoksia. Välittömästi kalvorakenteiden jätealueiden alla olevat pohjaveteen liittyvät pienimuotoiset muutokset ovat osa luvanvaraista toimintaa. Toiminnan aikana Kuusilammen kuivatuspumpppauksen johdosta pohjavedet virtaavat KL2 alueen alapuolella kohti länttä.



Kuva 9. Terrafamen pohjavesitarkkailun pisteet KL2-sivukivialueen lähiympäristössä.

Sulkemisen jälkeiset virtaussuunnat on esitetty kuvassa 10, jossa on kuvattu koko toiminnan sulkemissuunnitelmassa esitettyjä pintaveden valumasuuntia. Pohjaveden valuntasuuntien arvioidaan karkeasti noudattelevan pintaveden valuntasuuntia. Näiden perusteella tehty ympäristövaikutusten arvio eri valumasuuntiin esitetään PSAVI:ssa vireillä olevassa koko toiminnan sulkemissuunnitelmassa. Sivukivialueen KL2 pintavalunnat ohjataan ensin Kuusilammen louhokseen täyttymisen jouduttamiseksi. Vesienjohtamisen suunnitelma tarkentuu toteutussuunnittelun sekä koko toiminnan sulkemissuunnittelun edetessä, mutta täyttymisvaiheessa vesiä voidaan myös pumpata. Kuusilammen täyttymisen jälkeen pohjaveden virtaussuunnat palaavat louhintaa edeltäneeseen tilaan. Hydrogeologisten mallinnustulosten mukaan pohjaveden virtaussuunta on topografisen gradientin vuoksi edelleen kohti Kuusilampea myös täyttymisen jälkeen.



Kuva 10. Vesien valumasuunnat sulkemisen jälkeisellä ja Kuusilammen täyttymisen jälkeisellä ajalla.

Sivukivialueelta KL2 pintavalunta suuntautuu osittain Talvijoen valuma-alueen suuntaan. Pintavalunnan osuudet eri valuma-alueille on esitetty koko toiminnan sulkemissuunnitelman vesitasetta koskevassa kaaviossa luvussa 11.2 (sulkemissuunnitelma, Kuva 11-2).

Todennäköisesti myös sivukivialueen pohjaveden virtausta suuntautuu kohti Talvijokea, koska pohjaveden virtaussuunnat noudattavat topografisen gradientin suuntia ja pintaveden valunnan suuntia.

Sivukivialueen peittorakenteen päälle satava vesi ohjataan pintavaluntana keruuojiin ja pois kaivosalueelta. Louhinnan päättymisen jälkeen vettä voidaan ohjata Kuusilammen avolouhokseen täyttymisen nopeuttamiseksi. Talvijoen suuntaan valuvat pintavedet ohjataan ensisijaisesti kyseiselle valuma-alueelle (valuma-alueen palauttaminen).

Mallinnuksissa sivukivialueen peittorakenteen läpi on oletettu suotautuvan noin 5 % sadannasta. Hapen suotautuminen peittorakenteen läpi sivukiveen on vähäistä. Sivukivi on hyvin vettä läpäisevää, joten hydraulinen painekorkeus jää melko matalaksi, kuitenkin kaivostoimintaa edeltävää pohjan tasoa korkeammalle. Pääosa pohjaveden virtauksesta suuntautuu Kuusilammen avolouhoksen kuivanapidon vuoksi kohti avolouhosta, ja avolouhoksen täyttymisen jälkeenkin pohjaveden virtaus-suunta on kohti täyttynyttä louhosjärveä.

Koska sivukivialue KL2 on vedenjakajalla, osa pohjavedestä voi virrata myös Talvijoen valuma-alueen suuntaan. Hakemuksen kuvassa ruhjeiden esitys on rajattu kaivospiirin alueen sisälle. Esimerkiksi 2020 ja 2022 hydrogeologisissa malleissa aluerajaus on yltänyt Talvijokeen asti. Vuoden 2020 hydrogeologisessa mallissa ruhjeet ovat mallin geometriassa mukana ja niiden vedenjohtavuusarvoja on muutettu ruhjeiden vaikutuksen arvioimiseksi. Talvijoen suuntaan kohdistuvaa pohjaveden virtausta ei ole havainnollistettu, vaikkakin tieto on huomioitu tuloksissa.

Pohjaveden virtauksella ja pohjaveteen liuenneilla aineilla voisi olla merkitystä silloin kun louhoksen alueelta ja sivukivialueelta kulkeutuu vettä pohjaveden kyllästämään kerrokseen, virtaa siellä eteenpäin, ja purkautuu pintaveteen. Haitta-aineiden pitoisuuksia seurataan tarkkailukai-voissa tehtävin mittauksin, näytteenotoin ja analyysein. Mikäli havaitaan muutoksia pitoisuuksissa, voidaan selvittää pitoisuuksien leviämistä pohjavedessä ja tarvittaessa ohjata virtausta esimerkiksi suojaump-pauksin.

Tärkein leviämisen reitti on ohut hiekkamoreenista koostuva maakerros. Kallioperän pintaosan keskimääräistä kalliota korkeampi rakoilun määrä ja mittauksin osoitettu keskimääräistä korkeampi vedenjohtavuus voivat lisätä leviämistä myös kallioperässä. Kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeissäkin leviäminen voi olla voimakkaampaa, koska niiden vedenjohtavuus voi kallion pintaosissakin olla ympäröivää, rakoillutta kalliota suurempi.

Ruhjeisuuden esittäminen merkittävänä tekijänä pohjaveden kulkeutumisessa ansaitsee tarkennuksen. Alueellisessa kallioperäkartassa (GTK Mineral Exploration and Deposits, Hakku-palvelu) on esitetty siirroksia. Siirrokset perustuvat topografisten pinnanmuotojen suuntautumiseen ja kaltevuustietoihin, maaperän painanteisiin ja jatkuviin piirteisiin (lineamentit). Lisäksi lineamentteja on tulkittu alueellisen lentogeofysiikan magneettisista mittaustuloksista, joissa havaitaan siirtymiä ja heikentymiä kivilajiyksiköiden sijainteja ja kontakteja kuvastavissa magneettisen kenttävoimakkuuden piirteissä, ja lisäksi topografisia piirteitä vastaavia lineaarisia piirteitä sähkömagneettisten mittausten ja radiometristen mittausten tuloksissa (maapeitepaksuus ja vesipitoisuus).

Kaivostoiminnan ja malminetsinnän yhteydessä on voitu GTK:n ja konsulttien teettämien tai tekemien selvitysten yhteydessä tuottaa lisää tietoa paikallisista siirroksista, jotka on myös esitetty ruhjekartoissa.

Näissä tutkimuksissa on lisäksi kairauksin ja geofysiikan maastomittauksin havaittu kallion voimakkaampaan rikkonaisuuteen liittyviä havaintoja, joita ovat maapeitteen paksummat alueet alueellisen siirrosviitteen kohdalla, sekä kallioperän vesipitoisuus (sähkönjohtavuus) tai rikkonaisuus (seisminen nopeus).

Kallion alueelliset kerrosrakenteesta, jännitystilasta ja liikunnoista syntyneet deformaatiovyöhykkeet ovat yleisiä. Ne esiintyvät yleensä jatkuvina, pituuteen nähden kapeina ja melko suorina piirteinä kalliossa. Yleiskäsite näille vyöhykkeille on hiertovyöhyke, joka on voinut saada alkunsa jo plastisen deformaation vaiheissa eikä välttämättä sisällä rikkonaisuutta. Myöhemmät kallion deformaatiot kuten siirrokset ovat voineet ohjautua tällaisiin hiertovyöhykkeisiin, tai siirrostaa kalliota myös niiden ulkopuolella. Silloin kun kallioperässä on haurasta rakoilua, voidaan käyttää käsitettä rikkonaisuusvyöhyke tai ”ruhje”. Rakennusgeologisen kallioluokituksen mukaan ruhjeiset kallion osuudet sisältävät kohonnutta rakotiheyttä sekä avoimia, täytteisiä tai rapautunutta pintaa sisältäviä rakoja. Kallioperä voi olla läpikotaisesti rapautunut. Näihin piirteisiin voi liittyä kohonnut vedenjohtavuus, mikäli raot sisältävät vettä läpäisevää rakotäytettä (murutäyte) tai avaumaa, ovat jatkuvia (pitkiä) ja liittyvät toisiinsa muodostaen rakoverkon. Jos raoissa on tiivis- tai savitäyte, ne ovat lyhyitä, tai ne eivät liity toisiinsa, vedenjohtavuus ei välttämättä ole ympäristöään korkeampi. Rikkonaisuusvyöhykkeistäkin osa voi olla veden virtausta eristäviä, tai veden virtaus voi suuntautua parhaiten pitkin vallitsevaa rakosuuntaa, ja estyä poikittain tähän suuntaan nähden.

GTK:n ruhjeisuusselvityksissä kaikki kaivosalueen lineamentit eivät ole osoittaneet viitteitä rikkonaisuusrakenteista. Osassa on havaittu rikkonaisuusviitteitä. SRK-yhtiön hydrogeologisen mallin taustalla olevissa hydraulisisissa mittauksissa ja kallion rakenneanalyysissä on todettu, että osa lineamentteihin liittyvistä hiertovyöhykkeistä on tiiviitä. Luode-kaakko-suuntaiset lineaariset siirrosviitteet sen sijaan ovat osoittaneet, että niihin liittyy voimakasta rikkonaisuutta ja jatkuvaa rakoilua. Vedenjohtavuus on näissä rikkonaisuusrakenteissa suuntautunut pitkin näiden rakenteiden kulkua (vedenjohtavuus on anisotrooppinen). Kun rikkonaisuudessa kalliossa virtaava pohjavesi päätyy tällaiseen vyöhykkeeseen, virtaus jatkuu pitkin vyöhykettä eikä enää päädy takaisin ympäröivään kallioon. Siten Talvijoen valuma-alueella oleviin ruhjeisiin päätyessään sivukivialueen KL2 suotovedet voisivat ohjautua edelleen kohti luodetta. Virtausmääriä ja kuormitusta ei ole tässä yhteydessä tarkemmin arvioitu, mutta koska pääosa virtauksesta suuntautuu Kuusilammen suuntaan, määrät olisivat esiintyessäänkin vähäisiä.

KL2 sivukivialueiden mahdollisesti edelleen muodostuvat suotovedet tullaan sulkemisen jälkeen ohjaamaan kokonaan Kuusilammen louhosjärveen, mikä rajoittaa vaikutuksia ympäröiviin pinta- ja pohjavesiin.

GTK tuo esille, että tällä hetkellä osassa sivukivialueiden lähellä sijaitsevilla pohjavesiputkissa on havaittu haitta-aineiden pitoisuuksien nousua. Pitoisuuksien nousulle ei kaikissa putkissa ole

löydetty syytä, mutta toisaalta kohonneiden pitoisuuksien esitetään johtuvan alueen kallioperän kemiasta tai muusta kaivostoinnasta. Pitoisuuksien nousu on paikoin kuitenkin huomattavaa, eikä vastaavia pitoisuuksia ole havaittu taustapitoisuustutkimuksissa. Toisaalta KL2-alueen putket sijaitsevat pääosin alueen itälaidalla loitolla muusta kaivostoinnasta, eikä hakemuksessa ole perusteltu, miten kohonneet pitoisuudet voisivat johtua muusta toiminnasta.

Pohjavesiputkien tuloksien muutossuuntia tutkiessa on tärkeä muistaa ottaa huomioon putken ympäristössä tapahtuneet muutokset. Terrafamen louhoksen alue on laajentunut vuoden 2018 jälkeen merkittävästi ja sivukivien läjitysalueet ovat kasvaneet. Osa putkista on jäänyt kaivostoinnin välittömään läheisyyteen. Esimerkiksi kuvassa (Kuva 11) näytetään sivukivialueen nykyinen ilmakehä (5.3.2025). Havaitaan, että putkien P30 ja P31 sijainti on erilainen kuin olisi tulkituttuna kuvassa 9 (hakemuksen kuva 25) esitetystä pisteiden karttakuvasta. Siten tulosten tulkinta ympäristötarkkailun näkökulmasta täytyy tehdä ottaen huomioon ympärillä tapahtuneet muutokset. Kaivoksen välittömässä läheisyydessä muutokset ovat oletettuja eivätkä sellaisenaan kuvaa ympäristövaikutuksia tuotantoalueiden ulkopuolella. Korkeita nikkeli- ja sulfaattipitoisuuksia ja pitoisuuksien nousua tavataan erityisesti pisteillä, jotka ovat malmion ja kaivostoinnin välittömässä läheisyydessä.

Terrafame toteaa, että tarkkailuohjelmaa voitaisiin kehittää siten, että pohjaveden näytteenottopisteiden merkitystä vaikutusten seurannassa voitaisiin tutkia tarkemmin ja tarvittaessa uudistaa tarkkailuohjelmaa alueen ulkopuolisia ympäristövaikutuksia paremmin edustavaksi. Lisäksi paikan kuvauksia voisi täsmentää ja esimerkiksi siiviläputken sijainnin ottaa paremmin huomioon tulosten tulkinnassa. Kartalla samantyyppisiltä näyttäviltä pisteiltä (esim. P11 ja P25, ks. Kuva 9) mitataan hyvin erilaisia nikkelpitoisuuksia (P11 nikkeliä on keskimäärin 1 400 µg/l ja 21 µg/l pisteellä P25). Kummallakaan ei nähdä merkittäviä muutoksia tarkkailujakson (2018-2023) aikana. Yhtiö näkee, että nykyisten tarkkailutulosten perusteella sivukivialueilla ei ole ennakoimattomia suurempia ympäristövaikutuksia.



Kuva 11. KL2-sivukivialueen ilmakuva 5.3.2025

5. Säteilyturvakeskus STUK

Luonnonsäteilyn sekä tarkkailun osalta Terrafame toteaa, että sulkemisen jälkeen tiivis peittorakenne rajoittaa hapen ja veden pääsyä sivukivitäyttöön, mikä vähentää sulfidimineraalien hapettumista. Yhtiö toteaa, että ympäristöön johdettavien peittorakenteen yläpuolisten pintavaluntavesien uraanipitoisuuden on arvioitu pysyvän nykyisen ympäristöluvan asettaman raja-arvon 10 µg/l alapuolella eikä se siten aiheuta luonnonsäteilyaltistusta.

Yhtiö toteaa lisäksi, että suotovesiä ei tulla johtamaan sulkemisen jälkeen suoraan luontoon, vaan suotovedet kerätään ja johdetaan ensisijaisesti prosessikiertoon tai yhtiön vesienkäsittelyyn. Sulkemisen ja Kuusilammen louhinnan päätyttyä suotovedet johdetaan Kuusilammen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen. Tarkkailua koskevien huomioiden osalta yhtiöllä ei ole huomautettavaa lausuntoon.

6. Pirhonen Leena ja Huotari Veikko (765-402-51-25 Niemelä ja 765-402-51-24 Leppärinne)

Jätteiden turvallisen käsittelyn osalta Sivukivialueelle KL2 läjitetty sivukivi on vaarallista jätettä, mikä on huomioitu pohjarakenteiden suunnittelussa. Pohjarakenteet rakennetaan kestäviksi pitkällä aikavälillä yhdistelmäpohjarakenteena, joka koostuu sekä keinotekoisesta eristeestä että siihen tiiviisti liittyvästä mineraalisesta eristeestä. Sivukivialueiden pohjarakenteet ovat tiiviit, eikä näiltä alueilta normaalitoiminnassa synny suoraa päästöjä maaperään tai pohjaveteen. Pohjarakenteiden rakentamisen laatua valvotaan ja rakenteiden tiiviyyttä tarkkaillaan ympäristöluvan mukaisesti.

Pohjarakenteiden osalta Terrafame toteaa myös, että rakenteet ja niiden toteutustapa suunnitellaan jokaiseen kohteeseen yksilöllisesti ympäristöolosuhteiden, pohjatutkimusten sekä suunnitellun käytön, mm. jätteiden laadun, mukaisesti yleisesti hyväksytyjä rakennustapoja (InfraRYL) noudattaen, Terrafame varmistaa jokaisen kohteen rakennettavan kohteen laadun noudattamalla erikseen määritettyjä laadunvarmistusohjeita sekä muita kansallisia ohjeita ja standardeja. Esimerkiksi Terrafame käyttää vain CE-merkittyjä EN-hyväksytyjä suojageotekstiilejä, joiden suojausominaisuudet määritetään mm. InfraRYL ohjeen mukaisesti. Kalvon suojaamiseksi on useita erilaisia suojaustasoja, jotka vaikuttavat tarvittavan kankaan painoon. Korkein I-luokan suojaustaso perustuu Saksassa käytössä olleeseen mitoitusperiaatteeseen, jonka mukaan paikallisen painauman aiheuttama maksimivenymä saa olla enintään 0,25 %. Venymärajaa 0,25 % voidaan pitää kaiken kaikkiaan erittäin konservatiivisena suunnitteluperusteena.

Tyypillisesti käytettävät rakenneyhdistelmät myös testataan käyttötarkoitusta varten. Terrafame on teettänyt useita sylinteritestisarjoja eri rakenneyhdistelmille. Tyypillisesti koeaikana on pidetty ensimmäisessä vaiheessa 100 h ja toisessa vaiheessa 1000 h, joista jälkimmäisellä pitkällä kokeella on edetty luvitukseen. Kokeet tehdään paineilla, jotka vastaavat kunkin alueen läjityksen suunniteltua täyttökorkeutta. Terrafame on toimittanut testien tuloksista koosteen päälupaa (PSAVI/2461/2017) koskevassa lupa-asiassa. Toimitettu kooste ja siinä esitetyt koetulokset suojageotekstiilien kestävydestä ja venymisestä ovat sovellettavissa myös tässä lupa-asiassa ja materiaalit ovat näiden perusteella riittäviä suojaamaan HDPE-kalvoa.

Peittorakenteen osalta Terrafame toteaa, että hakemuksessa on käsitelty kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevaa vertailuasiakirjaa (Best Available Techniques (BAT Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries), jonka päätelmässä 38 esitetty kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittämistekniikoita. Terrafamen peittorakenteen suunnittelu on perustunut kokonaisvaltaiseen ja kohdekohtaiseen ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointiin. Peittotekniikka on valittu läjitettävän jätteen laadun perusteella. KL2 sivukivialueelle läjitetty sivukivi on pääasiassa happoa tuottavaa mustaliusketta. Happoa tuottavalle, kiinteälle kaivannaisjätteelle paras mahdollinen vertailuasiakirjassa esitetty tekniikka on BAT 38e:n mukainen läpäisemätön, alhaisen virtaaman kuivapeitto. Peittorakenteen mallinnus on tehty HYDRUS 1D -mallinnusohjelmalla, joka laskee veden kulkeutumista 1-dimensiossa vertikaalisuuntaisessa maapylväässä. Mallinnuksen perusteella Terrafame on valinnut hakemuksessa esitetyn peittorakenteen KL2 sivukivialueen sulkemiselle.

Suojanormien osalta Terrafamelle ei käy muistutuksesta ilmi, mihin suojanormeihin muistuttaja viittaa. Haitallisten ja vaarallisten aineiden pitoisuuksista ympäristössä säädetään valtioneuvoston asetuksessa (HAVA, 1308/2015). Terrafamen toiminta-alueella metallipitoisuudet ympäristössä ovat luontaisesti korkeampia mm. mustaliuske-esiintymästä

johtuen. Alueen luontaisia taustapitoisuuksia on selvitetty eri tutkimusten avulla, esimerkiksi Ramboll 2015, Kauppi et.al. 2013 ja GTK 2006. Toiminnan aiemmissa ympäristöluvuissa on määrätty purkuvesiä vastaanottaviin vesistöihin sekoittumisvyöhyke, jonka perusteella on voitu poiketa HAVA-asetuksen mukaisista taustapitoisuuksista. Terrafamen nykyisessä ympäristöluvassa sekoittumisvyöhykettä ei ole määrätty eikä yhtiö ole tällaista tässä lupa-asiassa myöskään hakenut.

7. Suomen luonnonsuojeluliiton Kainuun piiri ry; Kansalaisten kaivosvaltuuskunta kaivosvaltuuskunta-MiningWatch Finland ry; Vesiluonnon puolesta ry; Pelastetaan Vaelluskalat ry; Kalastaja Paavo Huusko

1. Vireilläolovaikutus

HL 25 §:n merkitys asian arvioinnissa

Muistutuksessa viitatussa HL 25 §:ssä säädetään asioiden yhdessä käsittelemisestä seuraavasti:

”Kyseisen pykälän mukaan, jos viranomaisessa tehtävä päätös saattaa merkittävästi vaikuttaa muun samassa viranomaisessa samanaikaisesti vireillä olevan asian ratkaisemiseen, viranomaisen on valmisteltava asiat yhdessä ja ratkaistava samalla kertaa, jollei yhdessä käsittelemisestä aiheudu haitallista viivytystä tai jollei se ole asian laadun taikka luonteen vuoksi tarpeetonta.”

Edeltä ilmenevällä tavalla HL 25 § koskee asioiden yhdessä valmistelua ja samanaikaista ratkaisemista tilanteessa, jossa asiat ovat samaan aikaan vireillä samassa viranomaisessa. Muistutuksessa viitattua pääluppaa koskeva asia on tullut vireille Pohjois-Suomen aluehallintovirastossa 30.8.2017. PSAVI on antanut pää lupaa koskien päätöksensä 20.6.2022 (päätös nro 87/2022). Nyt kyseessä oleva KL2 sulkemista ja peittorakennetta koskeva ympäristölupahakemus on tullut vireille PSAVI:ssa 30.1.2024 päivättyllä hakemuksella, jota on sittemmin täydennetty ja päivitetty. Näin ollen pää lupaa koskeva asia ei ole ollut Pohjois-Suomen aluehallintovirastossa vireillä samaan aikaan nyt kyseessä olevan asian kanssa, eikä HL 25 § siten sovellu asian arviointiin.

YSL 41 §:n merkitys asian arvioinnissa

Muistutuksessa viitatussa YSL 41 §:ssä säädetään luvan hakemisesta samalla toiminta-alueella sijaitseville toiminnoille seuraavasti:

”Jos samalla toiminta-alueella sijaitsevilla usealla luvanvaraisella toiminnalla on sellainen tekninen ja toiminnallinen yhteys, että niiden ympäristövaikutuksia tai jätehuoltoa on tarpeen tarkastella yhdessä, toimintoihin on haettava lupaa samanaikaisesti eri lupahakemuksilla tai yhteisesti yhdellä lupahakemuksella. Lupaa voidaan kuitenkin hakea erikseen, jos hakemuksen johdosta ei ole tarpeen muuttaa muita toimintoja koskevaa voimassa olevaa lupaa.”

Edeltä ilmenevällä tavalla YSL 41 § koskee tilannetta, jossa samalla toiminta-alueella sijaitsee useita luvanvaraisia toimintoja. Terrafamen kaivospiirille sijoittuu useita itsessään luvanvaraisia toimintoja, joita koskevien hakemusten samoin kuin alueelle sijoittuvia uusia toimintoja koskevien hakemusten vireille tullessa YSL 41 §:n soveltuvuutta on sinänsä tarpeen arvioida. Tältä osin on kuitenkin huomattava, että YSL 41 §:ssä on säädetty poikkeuksesta edellä selostettua hakemusmenettelyä koskevaan pääsääntöön. Lain esitöistä (HE 2014/2013 vp ja HE 226/2004 vp) ilmenevällä tavalla poikkeussäännös on tarkoitettu sovellettavaksi erityisesti toiminnan muutostilanteissa, jolloin tulisi olla mahdollista voimassa olevasta luvasta huolimatta hakea lupaa erikseen vain siltä osin kuin muutos koskee tiettyä toimintaa. Vastaavasti voidaan menetellä myös uutta toimintaa aloitettaessa, jos uusi toiminta muodostaisi selvän erillisen osan, vaikka se muutoin liittyisi vanhaan toimintaan teknisesti ja toiminnallisesti. Edellytyksenä erilliskäsittelylle lisäksi on, että hakemuksen johdosta ei synny tarvetta tarkistaa muilta osin voimassa olevia muiden toimintojen lupia tai yhteistä lupaa. Tällaisena luvan tarkistamisena ei pidetä esimerkiksi sitä, että toiminnallisen muutoksen johdosta vanhaa yhteistä lupaa muutetaan pelkästään poistamalla toiminnallisen muutoksen kohteena oleva toiminta. Kyse olisi tällöin pelkästään teknisestä muutoksesta lupaan ilman, että tästä aiheutuisi epäselvyyttä luvan velvoitteiden kannalta.

Terrafame katsoo, että YSL 41 § liittyy lupaharkinnan laajuuteen, eikä muistutuksessa esitetyllä tavalla suoraan vireilläolovaikutukseen. Lupaharkinnan laajuutta toiminnan olennaista muuttamista koskevissa asioissa sääntelee osaltaan myös YSL 48 §:n 4 momentti, jonka mukaan toiminnan olennaista muuttamista koskeva lupahakemus on ratkaistava siten, että harkinta kattaa ne toiminnan osat, joihin olennainen muutos voi vaikuttaa ja ne ympäristöön kohdistuvat vaikutukset ja riskit, joita muutos voi aiheuttaa. Lain esitöiden mukaan YSL 48 §:n 4 momentin mukaisessa lupaharkinnassa tulee tarkastella toimintaa vain siinä laajuudessa kuin se on tarpeen muutoksen vaikutusten arvioimiseksi luvan myöntämisen edellytysten ja lupamääräysten asettamisen kannalta. Lisäksi ympäristönsuojelusta annetun valtioneuvoston asetuksen (713/2014, ”ympäristönsuojeluasetus”) 8 §:n 1 momentin 2 kohdan mukaan olennaista muutosta koskevassa lupahakemuksessa on oltava asetuksen 3–7 §:ssä vaadituista tiedoista ja selvityksistä vain ne, jotka koskevat toiminnan muutosta ja sen ympäristövaikutuksia. Lainsäätäjän tahtotilana näyttää siten nimenomaisesti olleen mahdollistava toiminnan muutosten ratkaiseminen vain siltä osin, mihin muutokset vaikuttavat sen sijaan, että lupamääräykset tarkistettaisiin koko toimintakokonaisuuden kattavana menettelynä. Lupapäätöksen sisältö määräytyy sen mukaan, mihin toimintoihin ja jo annettuihin lupamääräyksiin haettavalla olennaisella muutoksella on vaikutusta.

Toimintaa tulee tarkastella vain siinä laajuudessa kuin se on tarpeellista muutoksen vaikutusten arvioimiseksi luvan myöntämisen edellytysten ja lupamääräysten asettamisen kannalta, ja lupaharkinta kattaa ne toiminnan osat, joihin olennainen muutos voi vaikuttaa ja ne ympäristöön koh-

distuvat vaikutukset ja riskit, joita muutos voi aiheuttaa. Myöskään pelkästään yhteisvaikutuksen vuoksi ei ole aina tarpeen tarkastella lupamenettelyssä koko toimintaa uudelleen, koska lupaharkinnassa on joka tapauksessa aina otettava huomioon muut päästöt ja niiden vaikutukset.

Hakemuksessa esitettyyn perustuen Terrafame toteaa, ettei nyt hakemuksen kohteena olevan KL2 sivukivialueen sulkeminen aiheuta muutoksia pääluvan kattamiin prosesseihin, rakenteisiin tai teknisiin ratkaisuihin, tuotanto- tai jätealueiden laajuuteen, tuotantomääriin tai kapasiteetteihin. Kyseessä on tuotannosta poistuneen sivukivialueen sulkeminen pääluvan mukaisesti. Alueellisesti toiminta ja sen vaikutukset kohdistuvat käytännössä vain KL2 sivukivialueen lähiympäristöön. KL2 sivukivialueen sulkeminen ei aiheuta sellaisia muutoksia päästöissä tai muuten ympäristöön kohdistuvissa vaikutuksissa tai riskeissä, että pääluvan kattamien toimintojen osalta lupaharkinta olisi tarpeen kokonaisuudessaan tehdä uudelleen. Pääluvan kattamien toimintojen mukaiset päästöt tai toiminnan kokonaispäästöt eivät kasva KL2 sivukivialueen sulkemisen vuoksi lainkaan, vaan ennemmin sulkemisella pienennetään päästöiksi rinnastettavien suotovesien määrää, että pääluvan lupamääräysten muuttaminen olisi tarpeen. Myöskään toiminnan kumulatiiviset kokonaispäästöt ja käytössä olevat jäte- ja tuotantoalueet eivät kasva.

Vireilläolovaikutus

Muistutuksessa viitattu ns. vireilläolo- tai vireilletulovaikutus (lis pendens) tarkoittaa sitä, että asian tultua tuomioistuimessa vireille samaa asiaa ei voida saattaa samanaikaisesti toisen oikeudenkäynnin kohteeksi. Jotta vireilläolovaikutus voisi soveltua, tulee siis kyse olla ”samasta asiasta”. Vireilläolovaikutus on alkujaan siviiliprosessioikeudellinen periaate, jolloin sen merkitys on liittynyt siihen, ettei sama asia (kuten siviilioikeudellinen kanne tai avioerohakemus) voi olla vireillä kahdessa eri tuomioistuimessa samanaikaisesti. Oikeuskirjallisuudessa on sitä vastoin todettu, ettei vireilläolovaikutuksella ole hallintomenettelyssä keskeistä sijaa, eikä hallintoviranomainen yleensä voi jättää asiaa tutkimatta pelkästään sillä perusteella, että asia on jo vireillä kyseisessä tai toisessa viranomaisessa. Ympäristönsuojelulaissa tai hallintolaissa ei ole myöskään säännöksiä, jotka kategorisesti kieltäisivät samaa laitosta koskevan ympäristölupahakemuksen käsittelyn tilanteessa, jossa edellinen lupapäätös on vailla lainvoimaa. Vireilläolovaikutuksen sisältöä suhteessa yksinomaan hallintomenettelyyn, ja erityisesti ympäristölupamenettelyyn, ei ole Terrafamen käsityksen mukaan myöskään oikeuskirjallisuudessa määritetty.

Terrafamen käsityksen mukaan vakiintuneessa oikeuskäytännössä ympäristölupaviranomainen on voinut ratkaista laitoksen toiminnan muuttamista koskevan ympäristölupahakemuksen tilanteessa, jossa aiempi samaa laitosta koskeva lupa-asia on ollut vireillä muutoksenhakutuomioistuimessa. Jos näin ei olisi, johtaisi tilanne toiminnanharjoittajan kannalta kohtuuttomuuteen ja pahimmillaan laitoksen toiminnan muuttamisen esitymiseen useiden vuosien ajaksi, sillä toiminnanharjoittaja ei pysty mil-

lään tavalla vaikuttamaan mahdollisten muiden tahojen tekemiin valituksiin tai muutoksenhakuprosessin keston. Tällöin voitaisiin päätyä tilanteeseen, jossa toiminnanharjoittajasta riippumattoman tahon valituksen johdosta laitoksella ei voitaisi tehdä ympäristölupamuutosta edellyttäviä investointeja ja muutoksia koko sinä aikana, kun edellisen ympäristölupapäätöksen muutoksenhaku – joka voi nykyisillä isojen teollisuuslaitosten ympäristölupavalitusten käsittelyajoilla kestää molemmissa oikeusasteissa (hallinto-oikeus ja korkein hallinto-oikeus) yhteensä yli neljä vuotta – on kesken. Tällainen käsittelyratkaisu ei myöskään edellä todetusti miltei osin perustuisi voimassa olevaan lainsäädäntöön.

Terrafame korostaa myös, että jotta vireilläolovaikutus voisi ylipäättään tulla kyseeseen ja estää nyt kyseessä olevan KL2 sivukivialueen sulkemista koskevan lupahakemuksen käsittelyn, tulisi kyse olla ”samasta asiasta” kuin pääluvassa. Kuten yhtiön 30.1.2024 päivätyssä lupahakemuksessa on kuvattu, KL2 sivukivialueen sulkemisella on yhtymäpintoja pääluvan nojalla harjoitettavaan toimintaan. Edellä ilmenevällä tavalla kyse on kuitenkin Terrafamen olemassa olevan toiminnon sulkemisesta. Koska pääluvan kattaman toiminnan laajuus, kapasiteetti tai päästöt eivät muutu eikä KL2 sivukivialueen sulkemisen myötä myöskään yhteisvaikutuksissa tapahdu merkittävää muutosta, ei koko toimintaa koskevaa lupaharkintaa ole tarpeen tehdä uudestaan eikä pääluvassa asetettuja lupamääräyksiä ole tarpeen muuttaa. Terrafame pitää siten selvänä, ettei kyseessä voida mitenkään katsoa olevan ”saman asian” uudelleen käsittelemisestä vireilläolovaikutuksen vastaisesti. Vastineesta edellä ilmenevällä tavalla pääluvan vireilläolo ei vaikuta nyt kyseessä olevan asian käsittelyyn, eikä päälupaa koskevien valitusten vireilläolo korkeimmassa hallinto-oikeudessa siten myöskään voi estää nyt kyseessä olevan hakemuksen käsittelyä. Edellä sanotun perusteella Terrafame katsoo, että toiminnan muuttuessa aiemman toiminnan lupasian vireillä oleva valitus ei estä laittamasta vireille uutta lupahakemusta ja viranomainen voi sen käsitellä. Kyseessä ei tältä osin ole mitenkään lainvastainen menettely.

Muiden muistutuksessa viitattujen lainkohtien merkitys asiassa

Selvyyden vuoksi Terrafame toteaa, etteivät muistutuksessa viitattut muut lainkohdat PL 21 § (oikeusturva), HL 1 § (hallintolain tarkoitus) ja YSL 1 § (ympäristönsuojelulain tarkoitus) sovellu nyt kyseessä olevan asian arviointiin, eikä edellä esitettyä tule tai voida arvioida toisin näiden muistutuksessa viitattujen, etupäässä yleisluontoisten tavoitesäännösten nojalla.

Lopuksi

Kaikki edellä sanottu huomioon ottaen aluehallintovirasto on hyväksyessään nyt kyseessä olevan lupahakemuksen vireilletulon ja sen kuuluttessaan toiminut lainsäädännön mukaisesti, eikä asiassa ole tapahtunut muistutuksessa väitettyä menettelyvirhettä.

2. Luvan määräaikaisuuden merkitys toiminnan ympäristövaikutusten arvioimiselle

Muistutuksessa viitatussa YSL 87 §:ssä säädetään luvan voimassaolosta. Kyseisen lainkohdan mukaan ympäristöluvan myöntämistä koskeva päätös määrätään lähtökohtaisesti olemaan voimassa toistaiseksi. Painavista syistä päätös voidaan kuitenkin määrätä olemaan voimassa vain määräajan. Terrafame toteaa, ettei ympäristöluvan myöntämistä määräaikaisena voida pitää osoituksena siitä, että toiminnan ympäristövaikutukset olisi selvitetty puutteellisesti tai etteivät luvan myöntämisedellytykset täytyisi. Myös määräaikaisena haettavan ympäristöluvan on täytettävä YSL 39 §:ssä ja ympäristönsuojeluasetuksen 2 luvussa säädetty lupahakemuksen sisältövaatimukset. Vastaavasti myös määräaikaisena myönnettävän ympäristöluvan on täytettävä YSL 49 §:ssä säädetty luvan myöntämisedellytykset. Terrafame katsoo, että YSL 87 §:ään sisältyvä toteamus siitä, että lupapäätös voidaan myöntää määräaikaisena sen vuoksi, että toiminnan haitallisten vaikutusten arvioinnin vaikeuteen liittyy painava syy, koskee tilannetta, jossa kattavista selvityksistä huolimatta toiminnan ympäristövaikutuksista ei voida ennalta saada täyttä varmuutta ja varovaisuusperiaate edellyttää luvan voimassaolon rajoittamista ja toiminnan ympäristövaikutusten uudelleentarkastelua mahdollista luvan uusimista koskevan asian käsittelyn yhteydessä.

Edellä sanottuun liittyen Terrafame korostaa, ettei nyt kyseessä olevan hakemuksen mukaiseen toimintaan ja toiminnan ympäristövaikutuksiin sen näkemyksen mukaan liity sellaista YSL 87 §:ssä tarkoitettua epävarmuutta, jonka johdosta lupa tulisi myöntää määräaikaisena toistaiseksi voimassa olevan sijaan.

3. Yhteisvaikutusten selvittäminen, lupahakemuksen sisältövaatimukset ja luvan myöntämisedellytysten täytyminen

Terrafame katsoo, että muistutuksessa viitatuksi toimintakokonaisuuden yhteisvaikutukset kytkeytyvät edellä käsiteltyyn kysymykseen lupahakemusten laajuudesta. Tältä osin Terrafame viittaa vastineen kohdassa Viireilläolovaikutus lausuttuun. Lisäksi Terrafame toteaa, että nyt kyseessä olevasta KL2 sivukivialueen aiheutuvat yhteisvaikutukset pääluvan mukaisen toiminnan kanssa on myös otettu huomioon ja arvioitu hankkeen YVA-menettelyissä. Sivukivialueen KL2 sulkemista on käsitelty vuonna 2017 vireillä olleissa kahdessa YVA:ssa (vesienhallinnan YVA ja tuotanto YVA). Lisäksi KL2 sivukivialueen sulkemistoimenpiteitä on käsitelty vuonna 2021 Kolmisoppi YVA:ssa. YVA-menettelyistä laadituista arviointiselostuksista ilmenevällä tavalla Terrafamen olemassa olevat ja suunnitellut muut toiminnot, kuten akkukemikaalitehdas, uraanin talteenottolaitos, nykyisten sekundääri- ja primääriiliuotusalueiden laajennukset, uudet kipsisakka-altaat 3 ja 4 sekä sivukiven läjitysalue KL1, sekä KL2 sulkeminen on huomioitu. Lisäksi alueelle varastoitujen vanhojen vesienkäsittelysakkojen ja nykytilassa syntyvien vesienkäsittelysakkojen yhteisvaikutuksia on arvioitu vanhojen vesienkäsittelysakkojen loppusijoittamisen YVA-menettelyssä.

Selvyyden vuoksi yhtiö kuitenkin vielä toteaa, että toiminnasta aiheutuvat päästöt ja niistä mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset on arvioitu YVA-menettelyssä kattavasti, minkä lisäksi päästöjä tarkkaillaan kattavasti. Myös yhteysviranomaisen on perustellussa päätelmässä todennut, että arviointiselostus on kokonaisuudessaan riittävä. Arviointiselostuksissa hankkeen merkittävät ympäristövaikutukset on tunnistettu ja ne on riittävän hyvin kuvattu ja perusteltu.

Terrafame huomauttaa, ettei muistutuksessa ole muilta osin yksilöity väitettä lupahakemuksen puutteellisuudesta. Selvyyden vuoksi Terrafame kuitenkin toteaa, että lupahakemus täyttää sille YSL 39 §:ssä ja ympäristönsuojeluasetuksen 2 luvussa säädetyt sisältövaatimukset. Mikäli näin ei olisi, aluehallintovirastolla on YSL 40 §:n nojalla velvollisuus pyytää yhtiötä täydentämään lupahakemustaan tarvittavilta osin.

Selvyyden vuoksi Terrafame vielä toteaa, ettei asiaa tule tai voida arvioida toisin myöskään muistutuksessa viitattujen useiden eri lainkohtien nojalla, joita ovat: HL 1 § (hallintolain tarkoitus), HL 6 § (hallinnon oikeusperiaatteet), HL 9 § (hyvän kielenkäytön vaatimus), HL 16 § (asiakirjan sisältö), HL 20 § (asian vireilletulo), HL 25 § (asioiden yhdessä käsitteleminen), HL 31 § (selvittämisvelvollisuus), YSL 1 § (ympäristönsuojelulain tarkoitus), YSL 5 § (määritelmät), YSL 7 § (velvollisuus ehkäistä ja rajoittaa ympäristön pilaantumista), YSL 16 § (maaperän pilaamiskielto), YSL 17 § (pohjaveden pilaamiskielto) tai YSL 20 § (yleiset periaatteet ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavassa toiminnassa). Terrafame on esimerkiksi YSL 20 §:n 2 momentissa säädetyin ympäristön kannalta parhaan käytännön periaatteen ja siihen liittyvän ympäristönsuojeluasetuksen 3 §:n 2 momentin 7 kohdan nojalla esittänyt lupahakemuksessaan arvion parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamisesta suunnitellussa toiminnassa. Muistutuksessa viitatussa YSL 7 §:ssä säädetään puolestaan ns. perusvelvollisuudesta ehkäistä ja rajoittaa ympäristön pilaantumista. Lain esitöistä (HE 214/2013 vp) ilmenevällä tavalla keinona velvollisuuden toteuttamiseksi ovat erityisesti lupa- ja rekisteröintimenettely sekä valtioneuvoston asetukset. Terrafame katsoo, ettei lupahakemuksen sisältövaatimusten täyttymistä voida arvioida YSL 7 §:n nojalla, vaan lupaharkinnassa hankittavien selvitysten ja lupapäätöksessä annettavien lupamääräysten avulla nimenomaan varmistetaan siitä, että YSL 7 §:n mukaista perusvelvollisuutta noudatetaan toiminnassa. Muistutuksen jättäjien väite YSL 7 §:n vastaisuudesta on siten ennenaikainen lupaprosessin ollessa vielä kesken.

Muistutuksessa viitatus ELY-keskuksen kuulemisen osalta Terrafame toteaa, että luvan myöntämisedellytyksistä säädetään YSL 49 §:ssä ja lupahakemuksesta kuulemisesta mm. YSL 42 §:ssä. YSL 42 §:n mukaisesti valtion lupaviranomaisen (aluehallintovirasto) on pyydettävä ympäristölupahakemuksesta lausunto mm. valtion valvontaviranomaiselta (ELY-keskus). Näin on myös nyt kyseessä olevassa tapauksessa toimitettu ja Kainuun ELY-keskus on antanut asiassa lausuntonsa 25.11.2024.

Lopuksi Terrafame toteaa vielä, että lupaharkinta ja asiassa annettava päätös tulevat perustumaan nimenomaan muistutuksessakin viitattuihin YSL 48 §:ään (lupaharkinnan perusteet) ja YSL 49 §:ään (luvan myöntämisen edellytykset). Yhtiön hakemuksessaan esiin tuomat (alue-)taloudelliset seikat liittyvät sekä YSL 199 §:n mukaiseen hakemukseen aloittamisoikeutta koskien (YSL 199 §:n mukaan yhtenä edellytyksenä aloittamisoikeuden myöntämiselle on perustellun syyn esittäminen, johon esitetyt (alue-)taloudelliset seikat ovat kytkeytyneet) ja toisaalta vesilaissa (587/2011, "VL") vesitalousluvan osalta edellytettyyn intressiverailuun.

4. Sivukivikasojen ympäristövaikutukset

Selvitykset KL2 sivukivialueesta ovat riittävät:

Terrafame toteaa, että nyt käsiteltävänä olevassa asiassa ei ole kyse sivukivialuetta KL1 koskevasta luvasta, tai Kolmisopen malmiosta, vaikka muistutuksessa viitataankin tähän. Kolmisopen malmion maa-alueen louhinnasta syntyviä sivukiviä ei olla sijoittamassa sivukivialueelle KL2.

KL2 sivukivialueen sulkemisen lupahakemuksessa sekä useassa ympäristövaikutusten arviointiselostuksissa, joita on käsitelty edellä, on käsitelty sivukiven käsittelyn riskejä kattavasti. Terrafame viittaa asiassa Kainuun ELY-keskuksen jättämään lausuntoon kappaleessa 1 koskien YVA:n ajantasaisuutta ja toteaa, että YVA on ajantasainen sivukivialueen KL2 sulkemisen osalta.

Yhtiö viittaa hakemukseen riskien osalta, missä on arvioitu KL2 sivukivialueen sulkemisen riskejä, ja esitetty toimenpiteitä niiden hillitsemiseksi. KL2 sulkemisen hakemuksessa on tuotu esille, että yhtiö on päivittänyt koko toimintaa koskevan ympäristöriskinarvionsa loppuvuonna 2023, jossa KL2 tuotannon aikaisia ympäristöriskejä on käsitelty. KL2 sulkemisen toimenpiteiden osalta sulkemiseen liittyvät merkittävimmät ympäristöriskit ja niihin varautuminen on kuvattu hakemuksen liitteessä 9. Ympäristöriskeissä on huomioitu mm. sivukivialueen suoto-vesien johtaminen toiminnan aikana suotovesialtaisiin ja sieltä käsiteltyyn tai prosessikiertoon niin kauan kuin se tarkkailutulosten perusteella on tarpeellista. Suunnitelmallisuudella, rakentamisen valvonnalla ja riippumattomalla laadunvalvonnalla riskin todennäköisyyden nähdään kuitenkin jäävän epätodennäköiseksi. Alueita myös tarkkaillaan ja valvotaan sekä työntekijät perehdytetään toimimaan poikkeustilanteissa.

Sivukivialueiden pohjarakenteet ovat parhaan käyttökelpoisen tekniikan mukaisia:

Terrafame viittaa hakemukseensa ja toteaa, että sivukivialueen valinnassa, rakenteissa sekä sulkemista koskevassa suunnitelmassa on käytetty parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) mukaisia rakenteita. Hakemuksen mukaisesti sivukivialueelle KL2 ja DP-altaille on toteutettu tiiviit pohjarakenteet, jotka estävät ympäristölle haitallisten aineiden kulkumisen alueilta ja altaista maaperään. Toisin sanoen, maaperään

arvioidaan kohdistuvan jätealueilta haitallisia vaikutuksia vain onnettomuus- tai poikkeustilanteissa.

Pääluvan mukaisten sivukivialueen KL2 pohjarakenteet vastaavat parhaan käyttökelpoisen tekniikan tasoa ja ovat riittävät ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi pitkälläkin aikavälillä. Kaivannaisjätealueen KL2 sijoittaminen on perustunut sijaintiin, toiminnan logistiikkaan, vesienhallintaan ja sivukivialueen pohjaolosuhteisiin. Sijaintipaikka on valikoitunut YVA-arvioinnin perusteella (BAT 4, 13). Kaivannaisjätealueiden pohjaolosuhteita on selvitetty useassa vaiheessa pohjatutkimuksilla ja pohjatutkimuksia tarkennetaan suunnitteluvaiheiden mukaisesti (BAT 13, ja 22). Kaivannaisjätealueiden pohjamaan kantavuutta sekä vakaavuutta on parannettu tarvittavilta osin esim. sivukivitäytöllä tehdyillä massanvaihoilla (BAT 6, 22b).

Kaivannaisjätealueiden pohjarakenteiden vaatimukset perustuvat kaivannaisjätteiden karakterisointiin (BAT 2). Pohjarakenteet rakennetaan kestäviksi pitkällä aikavälillä yhdistelmäpohjarakenteena, joka koostuu sekä keinotekoisesta eristeestä että siihen tiiviisti liittyvästä mineraalieristeestä. Keinotekoinen eriste valitaan kaivannaisjätteen laadun perusteella ja suojataan soveltuvalla suojarakenteella (geotekstiili, suojakerros tai molemmat) (BAT 17, 31, 35). Liuoskierron altaisiin rakennetaan vettä läpäisemätön yhdistelmäpohjarakenne kaksinkertaisella keinotekoisella eristeellä ja vuodontarkkailukerroksella varustettuna. Altaisiin mahdollisesti tarvittaviin louherakenteisiin patoihin rakennetaan moreenitiiviste (BAT 15, 16e, 21b). Kaivannaisjätealueiden pohjarakenteen tiivisrakenteeseen kohdistuvaa vesipainetta vähennetään kuivatuskerroksella, jolla myös kerätään kaivannaisjätteestä suotautuva vesi liuoskierron kautta metallien talteenottoon tai käsittelyyn. Kaivannaisjätealueiden ulkopuoliset hule- ja valumavedet ohjataan kaivannaisjätealueiden ohi (BAT 21, 37, 42). Pohjarakenteiden rakentamisen laatua valvotaan ja rakenteiden tiiviyyttä tarkkaillaan ympäristöluvan mukaisesti (BAT 23 ja 24).

Läjitäyttöalueiden pinta- ja pohjarakenteiden toiminnan tarkkailulla ja jälkitarkkailulla voidaan havaita mahdolliset vauriot rakenteissa, kuten suojakalvoissa, ja ryhtyä toimenpiteisiin mahdollisten haittojen estämiseksi ja vähentämiseksi. Sulkemisen jälkeisten vaikutusten osalta Terrafame viittaa hakemuksessaan esitettyyn ja huomauttaa, että alueelta suotautuvien vesien määrä vähenee sulkemisen aikana oleellisesti niin, että sulkemisvaiheessa vesien käsittelyssä on tarkoitus siirtyä asteittain passiiviseen vesien käsittelyyn, kun vesien laatu sen mahdollistaa (BAT 47b).

Yhtiö huomauttaa lisäksi käynnistäneensä useita tutkimuksia sivukiven pitkäaikaisvaikutuksien tarkentamiseksi. Niiden tuloksista on raportoitu päivitettyssä sulkemissuunnitelmassa, joka on jätetty PSAVI:n käsiteltäväksi 31.12.2024.

5. Aloittamisoikeus ja valmistelulupa

Ympäristölupaan kytkeytyvän aloittamisoikeuden myöntämisedellytyksistä säädetään YSL 199 §:ssä ja vesitalouslupaan kytkeytyvän valmisteluluvan edellytyksistä VL 3 luvun 16 ja 17:ssä. YSL 199 §:n mukaan lupaviranomainen voi perustellusta syystä ja edellyttäen, ettei täytäntöönpano tee muutoksenhakua hyödyttömäksi, luvan hakijan pyynnöstä lupapäätöksessä määrätä, että toiminta voidaan muutoksenhausta huolimatta aloittaa lupapäätöstä noudattaen, jos hakija asettaa hyväksyttävän vakuuden ympäristön saattamiseksi ennalleen lupapäätöksen kumoamisen tai lupamääräyksen muuttamisen varalle.

Soveltuvien lain esitöiden (HE 214/2013 vp, HE 227/2004 vp ja HE 312/1990 vp) perusteella on katsottava, että arvioitaessa YSL 199 §:n 1 momentissa tarkoitettua perusteltua syytä, tulee huomioon ottaa se seikka, että ympäristöluvan varaisten laitosten toiminnan aloittamiseen tai muuttamiseen voi eri syistä olla kiire. Esitöiden mukaan säännöksellä pyritään turvaamaan laitoksen rakentamis- tai muutostöiden viivytyksetön aloittaminen sellaisissa tilanteissa, joissa objektiivisesti katsoen ei olisi epäilystä laitoksen sallittavuudesta kyseisellä paikalla. Ympäristönsuojelulain täytäntöönpanosäännöksistä on laadittu myös ympäristöministeriön raportti, joka sisältää analyysin asiaa koskevasta oikeuskäytännöstä. Analyysin mukaan oikeuskäytännössä on mm. otettu huomioon toiminnalle myönnettyt muut tarvittavat luvat ja näin arvioitu täytäntöönpano-oikeuden tosiasiallista merkitystä hakijalle. Edelleen lain esitöissä täytäntöönpanon on katsottu tekevän muutoksenhaun hyödyttömäksi tilanteessa, jossa toiminta tai sitä valmistelevat toimet aiheuttavat peruuttamattomia tai muutoin merkityksellisiä haitallisia muutoksia ympäristössä.

VL 3 luvun 16 §:n 1 momentin mukaan lupaviranomainen voi niin ikään perustellusta syystä lupapäätöksessään oikeuttaa hakijan ryhtymään jo ennen päätöksen lainvoimaiseksi tulemista hankkeen toteuttamista valmisteleviin toimenpiteisiin (valmistelulupa). Toimenpiteet on lupapäätöksessä tarpeellisilta osin yksilöitävä. Toisen aluetta saadaan käyttää edellä tarkoitettuihin toimenpiteisiin vain, jos sellainen oikeus luvassa perustetaan tai oikeudenhaltijat siihen muuten suostuvat. Lisäsi pykälän 2 momentin mukaisesti valmisteluluvan myöntämisen edellytyksenä on, että: 1) valmistelevat toimenpiteet voidaan suorittaa tuottamatta muulle vesien käytölle tai luonnolle ja sen toiminnalle huomattavaa haittaa; ja 2) kyseisten toimenpiteiden suorittamisen jälkeen olot voidaan olennaisilta osin palauttaa ennalleen siinä tapauksessa, että lupapäätös kumotaan tai luvan ehtoja muutetaan. Lisäksi VL 3 luvun 17 §:n 1 momentin mukaan valmistelulupaa koskevassa päätöksessä hakija on, jollei hakijana ole valtio, kunta tai kuntayhtymä, velvoitettava asettamaan ennen toimenpiteisiin ryhtymistä hyväksyttävä vakuus, jollei tämä ole ilmeisen tarpeetonta. Vakuuden tulee kattaa niiden vahinkojen, haittojen ja kustannusten korvaaminen, jotka päätöksen kumoaminen tai luvan ehtojen muuttaminen voi aiheuttaa.

Lain esitöissä (HE 277/2009 vp) on todettu, ettei säännöksen soveltamisalaa ole rajattu, joten valmistelulupa voidaan myöntää kaikentyyppisille ja -kokoisille hankkeille, mikäli valmisteluluvan myöntämisen edellytykset muutoin ovat käsillä. Valmistelevat toimet voivat sisältää hankkeen toteuttamiseksi tarpeellisiin toimenpiteisiin kuten maanrakennustöihin ja rakenteiden pystyttämiseen ryhtymistä. Lisäksi lain esitöissä on todettu, että säännöksessä tarkoitettuna perusteltuna syynä voidaan pitää esimerkiksi töiden lykkääntymisen vahingollisuutta.

Yhtiö on lupahakemuksessaan (kohta 3.4) yksityiskohtaisesti perustellut aloittamisoikeuden ja valmisteluluvan myöntämisedellytysten täyttymistä nyt kyseessä olevassa tapauksessa. Ympäristönsuojelulain mukaista aloittamisoikeutta on haettu lupahakemuksen kohteena olevalle ympäristöluvanvaraiselle toiminnalle.

Aloittamisoikeuden osalta yhtiö on hakemuksessaan esittänyt, että sivukivialueen KL2 sulkeminen on tarpeellista toiminnan jatkuvuuden kannalta. Kun sivukivialueella peittorakenteen päällä syntyvä puhdas pintavalunta voidaan ohjata kaivospiirin ulkopuolelle nykyisille virtausreiteille, vesienkäsittelyprosessissa vapautuu kapasiteettia muiden toimintojen pinta- ja suotovesien käsittelyyn ja varastointiin ja/tai vesienhallinta-alue pienenee ja käsiteltävän veden määrä vähenee. Sulkemisen toimenpiteet voidaan suorittaa tuottamatta ympäristölle, sen toiminnalle tai käytölle huomattavaa haittaa. Terrafame toteaa, ettei YSL 199 §:ssä tai sitä koskevissa esitöissä ole rajoitettu ja rajattu aloittamisoikeuden kohteena olevia toimenpiteitä muutoin kuin toimenpiteiden ennallistamisedellytyksen osalta ja aloittamisoikeus voidaan myöntää luvanmukaisen toiminnan harjoittamiseen kokonaisuudessaan. Tältä osin estettä aloittamisoikeuden myöntämiselle ei yhtiön näkemyksen mukaan ole. Sulkemisen aloittamisen viivästyttämisestä voi aiheutua hakijalle kohtuutonta haittaa eikä päätöksen täytäntöönpano tee muutoksenhakua hyödyttömäksi.

Terrafame on hakemuksessaan esittänyt edellä viitattujen toimenpiteiden toteuttamiselle perustellun syyn, että jos lupapäätös kumottaisiin tai luvan ehtoja muutettaisiin, eikä toteutettua rakennetta voitaisi kohtuudella muuttaa vastaamaan muutettua päätöstä, ei ennallistaminen lupaa edeltävään tilaan ole tarkoituksenmukaista tai ympäristöturvallisuuden kannalta välttämätöntä. Toteutetut sulkemISRakenteet voidaan tarvittaessa jättää ilman ympäristöriskejä mahdollisen uuden muutetun sulkemISRakenteen alapuolelle tai hyödyntää uuden sulkemISRakenteen osana. Tämänkin vuoksi muutoksenhaku ei olisi hyödytöntä. Terrafame katsoo, että toiminnan muutostilanteissa aloittamisoikeuden myöntämiselle tulee olla matalampi kynnys kuin kokonaan uutta toimintaa luvitettaessa. Vastaavasti hakemuksessa esitetyn mukaisesti aloitettujen toimenpiteiden tekemisen jälkeen olot pystytään olennaisilta osin palauttamaan ennalleen, mikäli lupapäätös kumottaisiin tai luvan ehtoja muutettaisiin.

Terrafame on esittänyt myös asetettavaksi vakuuden ympäristönsuojelulain mukaisen aloittamisoikeuden osalta. Esitetyt vakuudet riittävät kattamaan toimenpiteet, jotka ovat tarpeen ympäristön palauttamiseksi

ennalleen lupapäätöksen kumoamisen tai lupamääräysten/luvan ehtojen muuttamisen johdosta. Tarvittavan vakuuden on arvioitu olevan kohtalaisen pieni, koska tarvittaessa tehty sulkemISRakenteet on mahdollista jättää uuden luvan mukaisen rakenteen alapuolelle tai käyttää tehtyä rakennetta osana sulkemISRakennetta eikä varsinaisia palauttavia toimenpiteitä ole tarpeen tehdä.

Edellä sanottuun viitaten Terrafame katsoo, että hakemuksessa haetun aloittamISOikeuden ja valmisteluluvan myöntämisen edellytykset täyttyvät nyt kyseessä olevassa tapauksessa. Muistutuksessa esitetyillä perusteilla ei ole Terrafamen näkemyksen mukaan vaikutusta tämän asian arviointiin. Selvyyden vuoksi Terrafame myös huomauttaa, ettei VHO antanut päälupaa koskevan asian käsittelyn yhteydessä välipäätöstä, jolla se olisi kieltänyt aluehallintoviraston myöntämän valmisteluluvan mukaisen toiminnan jatkamisen tai välipäätöksellään kokonaan kumonnut aluehallintoviraston aloittamISOikeutta koskevan päätöksen.

Tapaamiset

Aluehallintovirasto, Terrafame Oy ja Kainuun ELY-keskus ovat käyneet 20.1.2025 keskustelun Terrafame Oy:n vireillä olevista lupa-asioista ja 7.5.2025 sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkemissuunnitelmista. Terrafame Oy on tuonut keskustelussa esiin, että sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkemista tehdään vuonna 2025 sulan maan aikana arviolta 30 hehtaarin alueella jakautuen molemmille sivukivialueille. Tapaamisen 7.5.2025 aluehallintovirasto on järjestänyt ympäristönsuojelusta annetun valtioneuvoston asetuksen 13 §:n 2 momentin ja hallintolain 31 §:n 1 momentin mukaisesti asian selvittämiseksi. Aluehallintovirasto on varannut tapaamisen yhteydessä hakijalle tilaisuuden vielä täydentää hakemusiin tapaamisessa keskusteltuihin asioihin liittyen. Tapaamisten muistiot on liitetty tämän hakemusasian asiakirjoihin.

MERKINNÄT

Aluehallintovirasto on antanut samana päivänä päätöksen nro 87/2025 asiassa Kuusilammen avolouhoksen länsipuolella sijaitsevan sivukivialueen KL1 sulkeminen ja peittorakenteen toteuttaminen, Sotkamo (Dnro PSAVI/9228/2024).

Aluehallintovirastolla on ollut tätä asiaa ratkaistaessa käytettävissä lisäksi seuraavat hakemukset ja asiakirjat:

- Päätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 185 mukainen sulkemissuunnitelma, PSAVI/16044/2024
- Päätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 102 mukainen jätehuoltosuunnitelma, PSAVI/16043/2024
- Terrafame Oy:n vuositarkkailuraportit (www.terrafame.fi)
- Ympäristöhallinnon tietojärjestelmään tallennetut tiedot sivukivialueiden KL2 ja KL1 osalta

ALUEHALLINTOVIRASTON RATKAISU

KÄSITTELYRATKAISU

Aluehallintovirasto jättää tutkimatta Terrafame Oy:n hakemuksen ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 186 muuttamisesta.

YMPÄRISTÖLUPARATKAISU

Aluehallintovirasto hyväksyy pääosin Terrafame Oy:n toimittaman sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelman ja suunnitelmassa esitetyn peittorakenteen ja myöntää ympäristöluvan sivukivialueen KL2 sulkemiseen. Esitetystä peittorakenteesta poiketen aluehallintovirasto määrää, että tiiviskerroksen päälle tuleva pintamaakerros on toteutettava paksumpana.

Aluehallintovirasto hyväksyy pääosin sivukivialueen KL2 rakennusvaiheen 1 (noin 10 hehtaaria) sulkemista koskevan yksityiskohtaisen rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelman. Peittorakenteen kerrokset on toteutettava tässä päätöksessä määrätyn kerrospaksuuden mukaisesti.

Aluehallintovirasto antaa sivukivialueen KL2 sulkemista koskevat lupamääräykset 1–15.

Muilta osin toiminnassa on noudatettava Terrafame Oy:n Sotkamon kaivos- ja metallituotantoa koskevia lainvoimaisia ja täytäntöönpanokelpoisia päätöksiä.

UUDET LUPAMÄÄRÄYKSET

Sivukivialueen KL2 sulkeminen

1. Sivukivialue KL2 on suljettava peittorakenteella, jonka kerrokset sivukivitäytön luiskissa ja lakialueella ylhäältä alaspäin ovat seuraavat:
 - pintamaakerros, kitkamaat, 800 mm
 - pintakerros, KaM 0/32 tai hienorakeisempi, 200 mm
 - salaojamatto
 - LLDPE-kalvo 1,5 mm
 - suojageotekstiili 400 g/m²
 - kiilauskerros, KaM 0/63.

Sivukivialueen KL2 ramppien ja lakialueella olevien huoltoteiden kohdalle on rakennettava peittorakenne, jonka kerrokset ylhäältä alaspäin ovat seuraavat:

- pintamaakerros (kun huoltoteille ei ole enää tarvetta), kitkamaat, 800 mm

- kulutuskerros, KaM 0/32 tai hienorakeisempi, 200 mm
- pintakerros, KaM 0/63 tai hienorakeisempi, 500 mm
- salaojamatto
- suojageotekstiili 1200 g/m²
- LLDPE-kalvo 1,5 mm
- suojageotekstiili 400 g/m²
- kiilauskerros, KaM 0/63.

Tämän lupapäätöksen mukainen peittorakenne on toteutettava myös sivukivialueelle KL2 rakennettujen koerakenteiden alueelle.

Pintamaakerroksen yläosissa voi käyttää kitkamaiden ja turpeen seosta kasvittumisen edistämiseksi.

Muilta osin kuin yllä määrätyn pintamaakerrospaksuuden osalta sulkeminen on toteutettava hakemuksessa esitetyn suunnitelman mukaisilla periaatteilla.

2. Sivukivialueen KL2 rakennusvaiheen 1 (noin 10 ha) sulkeminen on toteutettava tämän päätöksen lupamääräyksessä 1 määrätyllä pintamaakerrospaksuudella ja muutoin noudattaen 17.5.2024 päivättyä yksityiskohtaista rakennussuunnitelmaa "MRU222 KL2 peittorakenne rakennusvaihe 1" ja siihen liitettyjä seuraavia piirustuksia:
 - Suunnitelmakartta MRU222/R3-2 (1:1000)
 - Pituusleikkaus, peittorakenne itä plv 600–1210 MRU222/R3-3 (1:5000/1:500)
 - Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus, peittorakenne itä plv. 600–1210 MRU222/R3-4.1 (1:100)
 - Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus, kuivatusojan purku MRU222/R3-4.2 (1:100)
 - Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus, reunavallit MRU222/R3-4.3 (1:100)
 - Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus, lysimetri MRU222/R3-4.4 (1:100)
 - Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus, laskeutusallas MRU222/R3-4.5 (1:200).

Kainuun ELY-keskus voi hyväksyä suunnitelmiin toteutuksen kannalta välttämättömiä muutoksia, jotka eivät heikennä rakenteiden toimivuutta ja ympäristönsuojelun tasoa tässä päätöksessä määrätystä.

Muiden sivukivialueella KL2 suljettavien rakennusvaiheiden yksityiskohtaiset rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmat on toimitettava Kainuun ELY-keskukselle hyväksyttäväksi ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 6 mukaisesti.

3. Sivukivialueen pinnan kiilaukseen ja kiilatun pinnan tiivistämiseen, LLDPE-kalvon huolelliseen ja asennusolosuhteet huomioivaan oikea-aikaiseen asentamiseen, kalvon saumojen huolelliseen hitsaamiseen, suojageotekstiilien ja salaojamattojen limitykseen, liitosten pitävyyden

tarkistamiseen, kalvon suojaamiseen ulkoiselta rasitukselta ja tiiviskerroksen vaurioiden synnyn estämiseen on kiinnitettävä rakentamisen aikana erityistä huomiota.

Suojageotekstiiliin, LLDPE-kalvon, salaojamaton ja sen yläpuolisten kerrosten asentamisessa on käytettävä menetelmiä, joissa estetään työstä aiheutuvat poikkeamat asennusalueen tasauksessa tai tiivistyksessä.

LLDPE-kalvoa ja salaojamattoa ei saa jättää paikoilleen ilman yläpuolista peittokerrosta tarpeettoman pitkäksi aikaa. Sulan maan aikana tehtävät sulkemiskerrokset on rakennettava kunkin rakentamisalueen osalta kokonaisuudessaan valmiiksi pintamaakerros mukaan lukien ennen loppusyksyn maaperän tai materiaalien jäätymistä aiheuttavia lämpötiloja.

Aiemmin suljetun alueen reunavallin poistaminen ennen sulkemistöiden jatkamista on tehtävä siten, että salaojamatto, LLDPE-kalvo ja suojageotekstiili eivät vaurioidu reunavallia poistettaessa. Mahdolliset vauriot tiiviskerroksesta on korjattava viipymättä ennen rakennustöiden jatkamista reuna-alueella.

Luvanhaltijan on varmistettava, että kaikilla tämän luvan mukaisiin rakennustöihin osallistuvilla tahoilla on tehtävään tarvittava osaaminen ja asiantuntemus työn laadun varmistamiseksi ja että kaikki työmaa-alueella liikkuvat työntekijät on riittävästi tehtävään perehdytetty.

4. Peittorakenteen tiiviskerroksen päällä ei saa liikkua muilla kuin tiiviskerroksen materiaalien asentamiseen ja laadunvalvontaan tarvittavilla välttämättömillä kevyillä työkoneilla, ennen kuin tiiviskerroksen ja pintakerroksen (kalliomurske, 200 mm) päälle on rakennettu lupamääräyksen 1 mukainen pintamaakerros vähintään 500 mm:n paksuudelta. Ylimääräistä liikkumista suojakerroksen päällä työkoneilla on vältettävä.
5. Pintamaakerroksessa saa käyttää vain sellaisia kitkamaita ja turvetta, joiden haitallisten aineiden pitoisuudet eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetun valtioneuvoston asetuksen (214/2007) liitteessä olevia alempia ohjeita.

Pintamaakerroksessa käytettävien massojen puhtaus on varmistettava ennen rakentamista näytteenotoilla ja tarvittavilla analyyseillä. Massojen soveltuvuus käyttökohteeseen on pystyttävä osoittamaan valvontaviranomaiselle sekä raportoitava sulkemista koskeissa yhteenvetoreportsissa.

6. Pintamaakerros on kasvitettava viipymättä rakentamisen jälkeen. Pintamaakerrokseen on kylvettävä nurmea tai muuta lyhytjuurista kasvillisuutta, joka koostuu pääosin paikallisissa olosuhteissa kasvavista kasvilajeista ja joka ei sisällä haitallisia vieraslajeja. Kasvillisuuden valinnassa ja maisemoinnissa on pyrittävä lisäämään luonnon monimuotoisuutta alueella ja varmistettava kylvettävän kasvilajiston monipuolisuus. Kasvittumisen etenemistä on tarkkailtava ja kylväminen on tarvittaessa

toistettava. Peittorakenteen päällä liikkumista työkoneilla on vältettävä ennen pintakerroksen kasvittumista.

7. Luvanhaltijan on järjestettävä peittorakenteen päätöksen mukaisen toteuttamisen varmistamiseksi työmaalle riippumaton ulkopuolinen laadunvalvonta. Riippumattoman laadunvalvojan on oltava Kainuun ELY-keskuksen hyväksymä asiantuntijataho, jolla on kyseiseen valvontaan tarvittava osaaminen, kokemus ja koulutus, ja joka ei ole kyseisen kohteen tilaaja, suunnittelija tai toteuttaja. Riippumattoman laadunvalvojan asiantuntemus vastaavien ympäristönsuojelurakenteiden toteuttamisessa tai niiden valvonnassa on oltava yleisesti tunnustettu tai osoitettu.

Riippumattoman laadunvalvojan on havainnoitava työvaiheita työmaalla jokaisena työpäivänä suojageotekstiiliin, LLDPE-kalvon ja salaojamaton asennuksen aikana ja muutoin Kainuun ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla siten, että laadunvalvojan on mahdollista todeta keskeisten työvaiheiden toteuttaminen hyväksytyjen suunnitelmien mukaisesti ja niiden laadunvarmennuksen toimivuus, tarkastaa laadunvalvonnan tulokset, puuttua mahdollisiin epäkohtiin sekä varmistaa, että todetut puutteet ja virheet on korjattu asianmukaisesti.

Ulkopuolisen laadunvalvojan on tarkistettava rakennustöiden alussa, että aiemmin suljetun alueen reunavallin poistaminen ei ole aiheuttanut vaurioita tiivisrakenteeseen, ennen kuin sulkemistöitä jatketaan. Samoin laadunvalvojan on varmistettava, että sivukivialueen pinnan kiilaus ja kiilauksen tiivistys on toteutettu siten, että rakennusalueesta ei aiheudu rakentamisen tai käytön aikana haitallisia pistemäisiä kuormia LLDPE-kalvolle.

Laadunvalvojan havaitsemista poikkeamista, puutteista ja virheistä on ilmoitettava viipymättä Kainuun ELY-keskukselle.

Riippumattoman laadunvalvojan on laadittava peittorakenteen rakentamisen laadunvalvonnasta yhteenveto vuosittain, kun sivukivialueen KL2 sulkemiseen liittyvä rakentaminen on kyseiseltä vuodelta päättynyt. Raportin tulee sisältää laadunvalvonnan tulokset, havainnot, todetut poikkeamiset asetetuista vaatimuksista ja laadunvalvontasuunnitelmasta sekä toteutetut toimenpiteet puutteiden ja virheiden korjaamiseksi. Raportti on toimitettava Kainuun ELY-keskukselle kahden kuukauden kuluessa rakentamistöiden päättymisestä.

8. Luvanhaltijan on laadittava sivukivialueen KL2 sulkemistoimenpiteitä koskeva yhteenveto vuosittain kunkin rakentamiskauden päättymisen jälkeen. Raportista on käytävä ilmi ainakin toteutetut rakentamistoimet, suunnitelmat, joihin rakentaminen on perustunut ja niihin mahdollisesti hyväksytyt poikkeamat, yhteenveto riippumattoman laadunvalvojan raportista, tiedot sivukivialueeseen liittyvistä tarkkailuista ja koetoiminnista sekä niiden mahdollinen vaikutus sulkemiseen, yhteenveto sivukivialueen KL2 sulkemisen etenemisestä ja suunnitelma seuraavien vuosien rakentamistoimenpiteistä. Yhteenvetoon voidaan sisällyttää

vastaavat tiedot samanaikaisesti suljettavan sivukivialueen KL1 sulke-
misesta. Yhteenveto on toimitettava Kainuun ELY-keskukselle rakenta-
misvuotta seuraavan vuoden helmikuun loppuun mennessä.

9. Suljetun sivukivialueen päältä on poistettava puustoa vähintään viiden
vuoden välein, jos tarvetta puuston poistolle havaitaan tarkastuksilla tai
muussa yhteydessä. Kasvituksen mukana alueelle mahdollisesti tulleet
vieraslajit on poistettava ja hävitettävä, mikäli niitä havaitaan kasvittu-
neella alueella.
10. Sivukivialueen KL2 peittorakenteen päältä tulevat puhtaat sade- ja sula-
misvedet on johdettava suunnitelman mukaisten laskeutusaltaiden
kautta. Kainuun ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla likaantumatto-
miksi todetut vedet voidaan johtaa hakemuksen mukaisesti laskeutus-
altaista vesistöön.
11. Sivukivialueella KL2 muodostuvat suotovedet, tiiviin pohjarakenteen
alapuolelta kerättävät vedet ja likaantuneet hulevedet on johdettava pro-
sessikiertoon tai vesienkäsittelyyn niin kauan kuin Kuusilammen avo-
louhos on toiminnassa, ja sen jälkeen Kuusilammen avolouhoksen sul-
kemista koskevan tarkemman sulkemissuunnitelman mukaisesti Kuusi-
lammen louhosjärveen, prosessikiertoon tai vesienkäsittelyyn.

Kainuun ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla likaantumattomiksi tode-
tut pohjarakenteen alapuoliset vedet voidaan johtaa vesistöön.

Tarkkailu ja raportointi

12. Sivukivialueen KL2 peittorakenteen toimivuutta, päästöjä ja ympäristö-
vaikutuksia on tarkkailtava vähintään hakemuksessa esitetyllä tavalla.
Suljetun sivukivialueen tarkkailu on sisällytettävä kaivosalueen muuhun
voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaiseen tarkkailuun ja tarkkai-
lusta on raportoitava vuosittain ympäristönsuojelun vuosiyhteenne-
dossa. Kokonaisrikin määritykset on sisällytettävä vesijakeiden tarkkai-
luun.

Suljetulta sivukivialueelta johdettavien vesijakeiden tarkkailua on jatket-
tava niin kauan kuin se on tarpeellista vesien johtamisjärjestelyiden, ve-
sien käsittelyn ja ympäristövaikutusten ja vesienhallinnan kannalta. Si-
vukivialueen KL1 sulkemisesta saatavia tarkkailutuloksia on hyödynnet-
tävä sivukivialueen KL2 tarkkailussa ja tarkkailun tarpeen jatkuvassa
arvioinnissa.

Sivukivialueen KL2 peittorakenteen päältä tuleville hulevesille tarkoitet-
tujen laskeutusaltaiden toimintaa ja altaiisiin tulevan ja niistä lähtevän
veden laatua on tarkkailtava viikoittain osana käyttötarkkailua sekä neljä
kertaa vuodessa osana velvoitetarkkailua. Vesinäytteistä on analysoi-
tava ainakin sulkemissuunnitelmassa esitetyt aineet (Ni, Zn, Cu, Mn,
Fe, U liukoisina ja kokonaispitoisuuksina, pH, sähkönjohtavuus, sul-
faatti, kiintoaine ja sameus) sekä kadmium.

Luvanhaltijan on päivitettävä toimintaa koskeva yksityiskohtainen käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailuohjelma sivukivialueen KL2 sulkemisen osalta tämän päätöksen mukaiseksi. Päivitetty tarkkailusuunnitelma on toimitettava Kainuun ELY-keskukselle hyväksyttäväksi kolmen kuukauden kuluessa tämän päätöksen antopäivästä.

13. Suljetun sivukivialueen KL2 peittorakenteen kasvillisuuden juuriston ja roudan vaikutusta erityisesti kalvorakenteeseen ja siihen suoraan liittyvään suojageotekstiiliin ja salaojamattoon on arvioitava sulkemisen jälkeen kymmenen vuoden välein peittorakenteen valmistumisesta avaamalla LLDPE-kalvon yläpuolista peittorakennetta tarvittava määrä kohdasta, jossa kasvillisuuden juuristosta ja roudasta aiheutuva kuormitus on ennalta arvioiden suurinta.

Lisäksi peittorakenteen eri rakenneosien toimivuutta ja pintakerroksen sekä kiilauskerroksen aiheuttaman kuormituksen vaikutusta rakenteisiin on arvioitava avaamalla LLDPE-kalvon yläpuolista rakennetta vuosittain vähintään viiden vuoden ajan tämän päätöksen mukaisesti toteutetuista vanhimmista rakenteista. Avaukset on tehtävä sellaisista kohdista, joissa peittorakenteeseen kohdistuva kuormitus on ennalta arvioiden suurinta.

Suunnitelmat rakenteen tutkimisesta ja tutkimusalueen korjaamisesta ennalleen on toimitettava etukäteen Kainuun ELY-keskukselle. Havainnot ja tarvittavat toimenpide-esitykset sekä esitys tarkkailun määrävällein tapahtuvasta jatkamisesta on toimitettava Kainuun ELY-keskukselle, joka voi antaa määräyksiä rakenteen korjaamisesta tai jatkoseurannasta. Jos tarkkailutulokset osoittavat rakenteiden vaurioitumisen jälkiä, luvanhaltijan on tehtävä Kainuun ELY-keskukselle riskinarviointiin perustuva esitys rakenteen korjaustarpeesta ja korjauksen toteuttamistavasta.

14. Peittorakenteen LLDPE-kalvon yläpuolisten kerrosten toimivuutta on tarkkailtava soveltuvilla, mieluiten jatkuvatoimisilla, menetelmillä siten, että rakenteen vedenläpäisevyydestä, kosteudesta ja lämpötilasta sekä kalvon eheydestä saadaan luotettavaa tietoa.

Pintamaakerrosten eroosiovaurioiden esiintyvyyttä on seurattava osana jätealueen säännöllistä tarkkailua. Tarkkailun on oltava päivittäistä ennen kunkin suljetun osa-alueen kunnollista kasvittumista. Tarkkailussa on hyödynnettävä dronella tai vastaavalla menetelmällä tehtäviä kuvauksia. Merkittävät eroosiovauriot on korjattava viipymättä niiden havaitsemisen jälkeen.

Peittorakenteen toimivuuden pitkäaikaisessa tarkkailussa voidaan hyödyntää uutta ja kehittyvää teknologiaa Kainuun ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla. Vuodesta 2026 alkaen luvanhaltijan on otettava käyttöön menetelmä, jolla voidaan varmistaa LLDPE-kalvon eheys ennen yläpuolisten kerrosten asentamista. Luvanhaltijan on lisäksi selvitettävä mahdollisuuksia seurata kalvon eheyttä myös rakenteiden päältä. Selvitys on toimitettava Kainuun ELY-keskukselle vuoden 2027 loppuun

mennessä. ELY-keskus voi antaa määräyksiä rakenteen tarkkailuun käytettävistä menetelmistä.

15. Luvanhaltijan on tarkkailtava sivukivialueen kasvittumisen edistymistä. Alueiden kasvittumisesta ja maisemoitumisesta on tehtävä asiantuntijan laatima yhteenveto kolmen vuoden kuluessa kunkin rakennusvaiheen sulkemistöiden valmistumisesta sekä kymmenen vuoden kuluttua koko alueen peittorakenteen valmistumisesta. Yhteenvedossa on arvioitava sivukivialueelle juurtunutta kasvillisuutta ja alueelle levinnyttä eliöstöä sekä lajiston monipuolisuutta eri eliölajien elinolosuhteiden kannalta. Kasvittumisen etenemisestä saatuja havaintoja on hyödynnettävä seuraavien osa-alueiden maisemoinnin kehittämisessä.

OHJAUS ENNAKOIMATTOMIEN VAHINKOJEN VARALLE

Vahingonkärsijä voi vaatia luvan saajalta korvausta ennakkoimattomasta vesistön pilaantumisesta aiheutuvasta tai muusta vesistöön kohdistuvasta toimenpiteestä johtuvasta vahingosta. Hakemus tulee tehdä aluehallintovirastolle. Ennakkoimattoman vahingon korvaamista koskevan hakemuksen yhteydessä voidaan esittää myös luvasta poiketen aiheutetun vahingon korvaamista koskeva vaatimus.

RATKAISUJEN PERUSTELUT

Käsittelyratkaisun perustelut

Täytäntöönpanokelpoisen päätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 186 mukaan: *"Luvan saajan on toimitettava hakemuksena aluehallintovirastoon 10 kuukautta ennen yksittäisen jätealueen tai kaatopaikan sulkemistöiden aloittamista koko kaivosalueen sulkemissuunnittelun tuottaman tiedon perustella laadittu kyseistä yksittäistä jätealuetta tai kaatopaikkaa koskeva yksityiskohtainen sulkemiseen liittyvä rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelma."*

Terrafame Oy on hakenut muutosta yllä mainittuun lupamääräykseen 186 siten, että yksittäisen kaatopaikan tai jätealueen sulkemista koskevat yksityiskohtaiset, rakennusvaiheittain laaditut rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmat voitaisiin toimittaa vastaavalle ELY-keskukselle hyväksyttäväksi sen jälkeen, kun rakenteen pääperiaatteet on aluehallintovirastossa ratkaistu. Vastaava muutoshakemus on sisällytynyt sivukivialueen KL1 sulkemissuunnitelmaan (PSAVI/9228/2024).

Nyt käsiteltävänä oleva hakemus sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelman hyväksymisestä vastaa täytäntöönpanokelpoisen lupamääräyksen 186 edellyttämää menettelyä, jossa rakenteen pääperiaatteet ratkaistaan lupaviranomaisen päätöksellä. Hakemukseen on sisällytynyt myös rakennusvaiheen 1 yksityiskohtainen rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelma.

Lupamääräyksen 186 muuttaminen hakemuksessa esitetyllä tavalla koskisi sivukivialueen KL2 lisäksi kaivosalueella sijaitsevia jäte-alueita ja käytännössä lieventäisi ja muuttaisi korkeimmassa hallinto-oikeudessa samanaikaisesti käsiteltävänä olevan valitusta koskevassa luvassa edellytettyä toimintatapaa niiden jätealueiden osalta, joita ei ole käsitelty tämän sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelmaa koskevan hakemuksen yhteydessä. Aluehallintovirasto ei voi vireilläolovaikutuksen (lis pendens) vuoksi ratkaista hakemusta samasta asiasta, joka on samanaikaisesti vireillä ja käsiteltävänä korkeimmassa hallinto-oikeudessa. Lupamääräyksen 186 muuttamisen tutkimatta jättäminen vireilläolovaikutuksen vuoksi on tarpeen ristiriitaisten ratkaisujen välttämiseksi.

Tällä päätöksellä aluehallintovirasto antaa ratkaisun sivukivialueen KL2 sulkemisesta, rakennusvaiheen 1 yksityiskohtaisesta rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmasta sekä muita sivukivialueella KL2 suljettavia rakennusvaiheita koskevien yksityiskohtaisten rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmien toimittamisesta. Vastaava ratkaisu on annettu samanaikaisesti sivukivialueen KL1 sulkemisesta ja sulkemissuunnitelmasta annetussa päätöksessä. Muiden kaivosalueella olevien jätealueiden sulkemisia koskien tulee toimia täytäntöönpanokelpoisen ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 186 sekä lupamääräyksen 6 mukaisesti.

Ympäristöluvan harkinnan perusteet

Käsiteltävä asia ja sen tausta

Terrafame Oy:n sivukivialueen KL2 lohkojen 1–4 rakentamiseen ja käyttöön on myönnetty ympäristölupa 22.9.2017 aluehallintoviraston päätöksellä nro 76/2017/1. Samalla päätöksellä aluehallintovirasto hylkäsi hakemuksen lohkon 5 rakentamisen ja käytön osalta. Keskeisenä perusteena hakemuksen osittaiselle hylkäämiselle oli YVA:n puutteellisuus lohkon 5 alueen osalta. Aluehallintovirasto on myöntänyt sivukivialueen KL2 lohkolle 5 20.6.2022 ympäristöluvan osana Sotkamon kaivoksen ja metallituotannon ympäristölupapäätöstä nro 87/2022.

Kuusilammen avolouhoksesta louhitun sivukiven läjittäminen sivukivialueen KL2 lohkoille 1–4 on aloitettu vaiheittain vuosina 2017–2021 ja lohkolle 5 vuonna 2022.

Sivukivialue KL2 luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Luokituksen perusteena on ollut alueelle sijoitettavan sivukiven luokittelu vaaralliseksi jätteeksi. Sivukivialueelle KL2 on saatu sijoittaa toiminnassa muodostuvia sivukiviä ja kaivosalueelta poistettavia, pilaantuneita maa-aineksia ja maa-aineksia, jotka sisältävät vaarallisia aineita sekä louhinnan räjäytystoiminnan yhteydessä sivukiven sekaan jäävän panostusmateriaalin. Sivukivialueelle KL2 on sijoitettu pääasiassa happoa muodostavaa sivukiveä, jonka rikkipitoisuus on yli 0,3 %. Alueelle sijoitetusta sivukivestä arviolta 85 % on mustaliusketta ja noin 15 % kiilleliusketta.

Sivukiven läjittäminen sivukivialueelle KL2 on lopetettu alueen täyttyessä tammikuussa 2024, minkä jälkeen sivukiven läjitys on siirtynyt uudelle sivukivialueelle KL1. Vuonna 2025 sivukivialueelle KL2 on sijoitettu vielä luiskan muotoilua varten tarvittavaa sivukiveä noin 21 000 tonnia. Sivukivialueelle KL2 on läjitetty yhteensä noin 129 Mt sivukiveä.

Terrafame Oy on toteuttanut vuodesta 2020 lähtien sivukivialueella KL2 koeluonteisista toiminnoista tehtyjen ilmoituksien nojalla useita pintarakenteisiin liittyviä koerakenteita, joiden tuloksia on hyödynnetty lopullisen sulkemisen pintarakenteen valinnassa. Täysin hakemuksessa esitettyä pintarakennetta vastaavia koerakenteita ei kuitenkaan ole toteutettu.

Terrafame Oy:n hakemus sivukivialueen KL2 sulkemiseksi ja peittorakenteen hyväksymiseksi ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 186 mukaisesti on tullut aluehallintovirastossa vireille 16.2.2024. Sivukivialueen KL2 sulkemistyöt hakemuksessa esitetyllä peittorakenteella on aloitettu kesäkuussa 2024. Sulkemisen aloittamisesta on tehty 17.6.2024 ilmoitus Kainuun ELY-keskukselle (KAIELY/503/2022).

Kuusilammen avolouhoksen länsipuolella sijaitsevan sivukivialueen KL1 rakentaminen on aloitettu täytöntöönpanokelpoisen ympäristöluvan nro 107/2023 perusteella. Sivukivialueen KL1 ensimmäinen rakennusvaihe on otettu käyttöön vuonna 2023. Sivukiven loppusijoitus alueella on alkanut vuonna 2024. Sivukivialueella KL1 saa olla ympäristöluvan mukaisella rakenteella sulkematta olevaa jätealuetta joka tilanteessa enintään 100 hehtaaria. Terrafame Oy sulkee tämän vuoksi samanaikaisesti sekä sivukivialuetta KL2 että KL1. Sivukivialueen KL1 sulkemista ja peittorakennetta koskeva lupahakemus on ollut samaan aikaan vireillä aluehallintovirastossa (Dnro PSAVI/9228/2024).

Sivukivialueille toteutettujen lupamääräysten mukaiset tiiviit pohjarakenteet estävät ympäristön pilaantumista ja sivukivialueella muodostuvien käsittelyä edellyttävien suotovesien pääsy pohjaveteen ja ympäristöön. Sivukivialueen KL2 lohkolle 1 on rakennettu sivukivialueen ympäristölupapäätöksessä nro 79/2017/1 määrätty pohjarakenne, joka muodostuu seuraavista rakennekerroksista alhaalta ylöspäin katsoen: mineraalisenä eristeenä toimiva 6 mm:n bentoniittimatto (vedenläpäisevyys enintään $1,1 \times 10^{-11}$ m/s), vesitiivis 1,5 mm:n HDPE-kalvo, suojageotekstiili (400 g/m^2), 150 mm suojakerros seulotusta 0–12 mm:n malmimurskeesta sekä sivukivestä ja louheesta rakennettu 2 000 mm:n suojakerros.

Lohkolla 2, lohkolle 3 ja lohkolle 4 pohjan suojarakenteita on muutettu kalvon yläpuolisella osuudella. Rakenteet ovat alhaalta ylöspäin louhepenkereen päällä seuraavat: suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12 tai KaM 0/16, 100 mm, bentoniittimatto, HDPE-kalvo 1,5 mm, suojageotekstiili $1\,200 \text{ g/m}^2$, suojakerros kiilleliuskeesta KaM 0/12, 150 mm, suojakerros sivukivestä 0/200, 500 mm ja louheesta 0/500, 1500 mm.

Lohkon 5 pohjarakennevaatimuksia on muutettu ympäristölupapäätöksessä nro 87/2022. Siltä osin kuin pohjarakenteita ei ollut vielä toteutettu, lohkon 5 pohjarakenteen tiiviskerrokseen määrättiin rakennettavaksi seuraavalla rakenteella alhaalta ylöspäin: mineraalisena eristeenä toimiva bentoniittimatto (yli 6 kg/m² ja vedenläpäisevyys enintään 1 x 10⁻¹¹ m/s), vesitiivis 2,0 mm:n HDPE-kalvo, suojageotekstiili (1 200 g/m²), 150 mm:n suojakerros 0–12 mm:n kiilleliuskeesta ja sekä sivukivestä ja louheesta rakennettu 2 000 mm:n suojakerros. Pohjarakenteen tiiviskerroksen ympäristönsuojelutasoa parannettiin lohkon 5 osalta ympäristön pilaantumisen vaaran minimoimiseksi ja parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamiseksi, koska tarkkailutulokset olivat osoittaneet suotovesien sisältävän aiemmassa lupaharkinnassa esitettyä tasoa huomattavasti korkeampia määriä ympäristölle erittäin haitallisia metalleja. Pohjarakenne vastaa vaarallisen jätteen kaatopaikoilta edellytettyä ympäristönsuojelutasoa. Sivukivialueella KL2 pohjarakenteen alapuolelle on järjestetty kuivatus louhesalaojilla, jotta alapuolinen pohjavesi ei nouse pohjarakenteen tiivistyskerrosta vasten. Pohjarakenteen alapuolelta kertyvät vedet ovat osittain kalliooperän mustaliuskeen kanssa kontaktissa ja ne pumpataan sivukivialueen suotovesien kanssa kiertoon ja käsittelyyn.

Sivukivialueelle sijoitetut mustaliuskesivukivet sisältävät runsaasti sulfidimineraaleja ja metalleja. Ilman ja kosteuden vaikutuksesta sulfidit happeutuvat muodostaen rikkihappoa ja vapauttaen mineraaleissa olevia metalleja. Tämän vuoksi sivukivialueella muodostuvat suotovedet ovat happamia ja metallipitoisia. Väkevien suotovesien keräysaltaasta DP4 johdettavissa suotovesissä on ollut esimerkiksi vuonna 2023 keskimäärin 15 mg/l liukoista kadmiumia, 174 mg/l kiintoainetta, 17 mg/l kobolttia, 12 mg/l kuparia, 6 µg/l lyijyä, 3 975 mg/l mangaania, 800 mg/l nikkeliä, 1 228 mg/l rautaa, 3 625 mg/l sinkkiä, 46 750 mg/l sulfaattia, 5 mg/l typpeä, 20 250 µg/l uraania. Veden pH on ollut keskimäärin 3,2.

Sivukivialueelta tiiviin pohjarakenteen päältä kerättävät suotovedet sekä tiiviin pohjarakenteen alapuolisiin kuivatusojiin kertyvät vedet johdetaan ensi sijassa prosessivedeksi louhitun malmin käsittelyn liuoskiertoon. Mikäli kaivoksen vesitase ei mahdollista vesien johtamista prosessiin, ne johdetaan vesienkäsittelyyn. Sivukivialueen KL2 altaiden DP4 ja DP5 kautta johdettavien suotovesien määrä on ollut vuonna 2024 noin 1,6 miljoonaa m³.

Sivukivialueen KL2 sulkemisen jälkeen alueella muodostuvat likaantuneet vesijakeet johdetaan nykyisellä tavalla niin kauan, kun Kuusilammen avolouhos on toiminnassa. Sulkemissuunnitelman mukaan vedet johdetaan Kuusilammen avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen, kun avolouhoksen toiminta on päättynyt. Hakemuksen mukaan Kuusilammen avolouhoksen toiminta loppuu vuosina 2035–2040 riippuen siitä, aletaanko Kolmisopen malmiesiintymää hyödyntää. Kuusilammen avolouhokseen muodostuvan louhosjärven täyttyminen kaivosalueen vesillä kestää kymmeniä vuosia. Louhosjärven vesienkäsittelymenetelmät on määrä suunnitella avolouhoksen sulkemisen yhteydessä.

Sivukivialueen KL2 sulkemisen päätavoitteena on estää pitkällä aikavälillä sivukiven hapettuminen ja happamien suotovesien muodostuminen ja siten pienentää merkittävästi sivukivialueesta pohjaveteen ja pintaveeteen aiheutuvan pilaantumisen riskiä sekä vähentää Sotkamon kaivos- ja tehdasalueen vesienhallintaan sivukivialueen vesistä aiheutuvaa kuormitusta. Sivukivialueelle rakennettavalla tiiviillä peittorakenteella vähennetään etenkin sivukiven kanssa kontaktiin pääsevän veden ja hapen määrää niin, että suotovesien muodostuminen sivukivialueella vähenee ja loppuu vähitellen kokonaan. Tiiviin peittorakenteen päältä kertyvät sade- ja sulamisvedet ovat hakemuksen mukaan puhtaita, ja ne on tarkoitus johtaa laskeutusaltaiden kautta vesistöön Talvijoen ja Tuhkajoen valuma-alueille.

Peittämättömästä sivukivialueesta aiheutuu nykytilanteessa ajoittain kiwiaineksen pölyämistä ympäristöön. Sivukivialueen sulkeminen vähentää myös pölyhaittaa ympäristössä.

Kainuun ELY-keskus on todennut hakemuksesta antamassaan lausunnossa, että sulkemattomat sivukivialueet lisäävät käsittelyyn johdettavien huonolaatuisten vesien määrää, joten sivukivialueen KL2 sulkeminen lisää kaivosalueen vesitaseen hallintaa ja parantaa ympäristö- ja patoturvallisuutta. ELY-keskuksen mukaan sivukivialueen KL2 sulkemis- ja maisemointitoimenpiteiden viivästyminen on lisännyt ja pitkittänyt myös sivukivialueen pölyämisestä aiheutuvaa haittaa.

Käsiteltävänä olevassa hakemuksessa on kyse sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelmasta, peittorakenteen hyväksymisestä ja ensimmäisenä suljettavan noin 10 hehtaarin laajuisen rakennusvaiheen 1 yksityiskohdaisen rakennussuunnitelman hyväksymisestä. Terrafame Oy on esittänyt samaa peittorakennetta myös samanaikaisesti suljettavalle sivukivialueelle KL1. Hakemuksen mukaan vuonna 2025 sivukivialueita suljetaan esitetyllä peittorakenteella vuosittain yhteensä noin 30–50 hehtaarin alueelta jakautuen kummallekin sivukivialueelle. Sivukivialueen KL2 sulkemisen on arvioitu kestävän noin 10 vuotta.

Ympäristönsuojelulain 41 §:n ja 46 §:n mukaisen samanaikaisen käsittelyn tarpeen arviointi

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 41 §:n 1 virkkeen mukaan, jos samalla toiminta-alueella sijaitsevalla usealla luvanvaraisella toiminnalla on sellainen tekninen ja toiminnallinen yhteys, että niiden ympäristövaiikutuksia tai jätehuoltoa on tarpeen tarkastella yhdessä, toimintoihin on haettava lupaa samanaikaisesti eri lupahakemuksilla tai yhteisesti yhdellä lupahakemuksella.

Ympäristönsuojelulain 46 §:n 1 momentin mukaan, jos ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavien eri toimintojen yhteisvaikutus on lupaharkinnan kannalta huomattava ja näiden toimintojen ympäristölupaasiat ovat vireillä samassa lupaviranomaisessa, asiat on käsiteltävä ja ratkaistava samanaikaisesti, jollei sitä ole perustellusta syystä pidettävä tarpeettomana. Pykälän 2 momentin mukaan, jos 41 §:ssä tarkoitettuja

toimintoja koskeva lupa-asia on pantu vireille eri lupahakemuksilla, hakemukset on käsiteltävä ja ratkaistava tarvittaessa samanaikaisesti ottaen huomioon toimintojen muodostama kokonaisuus.

Hallintolain (434/2003) 23 §:n 1 momentin mukaan asia on käsiteltävä ilman aiheutonta viivytystä. Hallintolain 25 §:n mukaan, jos viranomaisessa tehtävä päätös saattaa merkittävästi vaikuttaa muun samassa viranomaisessa samanaikaisesti vireillä olevan asian ratkaisemiseen, viranomaisen on valmisteltava asiat yhdessä ja ratkaistava samalla kertaa, jollei yhdessä käsittelemisestä aiheudu haitallista viivytystä tai jollei se ole asian laadun taikka luonteen vuoksi tarpeetonta.

Terrafame Oy:llä on tätä päätöstä annettaessa vireillä aluehallintovirastossa useita lupahakemuksia, joilla on joitain yhtymäkohtia sivukivialueen KL2 sulkemiseen, kuten sivukivialueen KL1 sulkemissuunnitelman hyväksyminen, toiminnan laajentaminen Kolmisopen maa-alueella sijaitsevan malmion hyödyntämiseksi sekä koko toiminnan sulkemis- ja jätahuoltosuunnitelmat. Lisäksi on vireillä muita Terrafame Oy:n hakemuksia, joilla ei ole välitöntä yhteyttä sivukivialueen KL2 toimintaan ja sulkemiseen tai yhteisvaikutuksia sivukivialueen kanssa.

Seuraavassa on tarkasteltu ympäristönsuojelulain mukaista yhteisen käsittelyn tarvetta vireillä olevien hakemusasioden osalta.

Sivukivialueen KL1 sulkeminen (PSAVI/9228/2024)

Lupahakemus sivukivialueen KL1 sulkemissuunnitelman hyväksymiseksi on tullut aluehallintovirastossa vireille 31.7.2024.

Terrafame Oy sulkee samaan aikaan sekä sivukivialuetta KL1 että KL2. Hakemuksen mukaan Terrafame Oy on arvioinut, että vuonna 2025 peittorakennetta rakennetaan yhteensä 30 hehtaarin alalla jakautuen kummallekin sivukivialueelle. Sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkemisella on näin ollen toiminnallinen yhteys toisiinsa.

Sivukivialueille KL1 ja KL2 sijoitetaan samaa Kuusilammen avolouhoksen sivukiveä. Sivukivialueen KL1 rakennusvaiheelle 7 sijoitetaan lisäksi kiilleliuskesivukiveä.

Sivukivialueen KL1 rakennusvaiheille 1–6 ja sivukivialueelle KL2 on sulkemissuunnitelmissa esitetty samanlaista peittorakennetta. Hakemuksen tietojen ja loppusijoitettavan sivukiven laadun perusteella arvioitaessa molemmilta sivukivialueilta muodostuu samankaltaista suotovettä, ja sulkemisen jälkeiset prosessit peittorakenteessa ja peittorakenteen alapuolisessa sivukivitäytössä ovat samantyyppiset, vaikka sivukivialueelle KL2 läjitetyn sivukiven rapautuminen on edennyt pidemmälle sivukivialueen oltua useita vuosia sulkematta. Molempien sivukivialueiden peittorakenteen toimivuutta ja pitkäaikaista kestävyyttä on syytä arvioida samoin perustein.

Edellä sanotun perusteella sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkemissuunnitelmia ja peittorakennetta koskevat hakemukset on käsitelty ja ratkaistu

ympäristönsuojelulain 41 ja 46 §:n sekä hallintolain 25 §:n edellyttämällä tavalla samanaikaisesti.

Kolmisopen malmion hyödyntäminen ja ympäristöluvan nro 87/2022 olennainen muuttaminen (PSAVI/8746/2023)

Terrafame Oy:n hakemus toiminnan olennaiseksi muuttamiseksi siten, että Kolmisopen maa-alueella sijaitseva malmio hyödynnetään ja lounhinnassa syntyvä sivukivi läjitetään perustettavalle sivukivialueelle KS1, on tullut aluehallintovirastossa vireille 4.7.2023, eli huomattavasti aikaisemmin kuin sivukivialueiden KL1 tai KL2 peittorakenteiden hakemukset ja sulkemissuunnitelmat. Hakemuksessa on haettu samalla ympäristöluvan nro 87/2022 muuttamista louhintamäärien osalta. Hakemuksessa on esitetty, että ympäristölupapäätöksen nro 87/2022 mukaisia vesiin johdettavien päästöjen raja-arvoja ei ole tarve muuttaa hakemuksen mukaisen toiminnan seurauksena.

Kolmisopen hankkeen päästöt ja vaikutukset kohdistuvat samoille alueille kuin Terrafame Oy:n nykyisen toiminnan päästöt ja vaikutukset. Kolmisopen alueella muodostuvat jätevedet käsiteltäisiin samoissa prosesseissa kuin sivukiven läjitysalueilta KL1 ja KL2 muodostuvat jätevedet. Kaivannaisjätteen jätealueiden sulkeminen sivukivialueilla KL1 ja KL2 vaikuttavat kaivoksen vesitaseeseen ja vesienhallintaan vähitellen pienentämällä sivukivialueilta käsiteltäväksi johdettavien suotovesien määrää.

Sivukivialueiden KL1 ja KL2 sekä Kolmisopen hakemusasioilla on yhteistä vaikutusaluetta ja paljon samoja asianosaisia. Erityisesti hallintolain 7 §:ssä (368/2014) säädetyn palveluperiaatteen näkökulmasta ja edellä mainittujen seikkojen vuoksi Kolmisoppea koskeva hakemusasia on kuulutettu yhtä aikaa sivukivialueen KL1 sulkemissuunnitelmaa sekä sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelmaa koskevien hakemusasioiden kanssa. Sivukivialueiden sulkemissuunnitelmia koskevien hakemusasioiden ja Kolmisoppea koskevan hakemusasian käsittely on muutoinkin ollut yhtä aikaa siinä vaiheessa, että ne on voitu kuuluttaa ja tiedoksi antaa yhtäaikaaisesti.

Avoinna olevien jätealueiden laajuus on ollut yhtenä merkittävänä perusteluna sille, että aluehallintovirasto on myöntänyt vuonna 2022 annettun ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksen määräaikaisena ja Vaasan hallinto-oikeus 19.12.2024 antamillaan päätöksillä nro 1738/2024 ja 1739/2024 edelleen rajoittanut kaivoksen louhintamääriä ja luvan voimassaoloaikaa sekä antanut lisävaatimuksia koskien sivukivialueen KL1 pohjarakennetta. Vaasan hallinto-oikeuden päätöksistä on haettu valituslupaa ja valitettu korkeimpaan hallinto-oikeuteen.

Jätealueiden sulkeminen on oleellista ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi. Sivukivialueen KL2 sulkeminen onkin jo kiireellisenä aloitettu vuonna 2024 ELY-keskukselle tehdyn ilmoituksen nojalla ennen peittorakenteesta annettavaa ympäristölupapäätöstä. Sivukivialueen KL1 sulkeminen liittyy kiinteästi sivukivialueen KL2 sulkemiseen, ja Vaasan hallinto-oikeuden päätösten johdosta sivukivialueen KL1 sulkeminen tulee

ajankohtaiseksi vielä suunniteltua nopeammin. Sulkemista koskevien luparatkaisuiden antaminen ja sulkemisen mahdollistaminen ympäristölupapäätöksen mukaisesti on keskeinen tekijä kaivoksen toiminnasta aiheutuvan pilaantumisen vaaran rajoittamisessa. Sivukivialueiden merkitys käsiteltävien jätevesien määrään on huomattavan suuri etenkin satteina vuosina. Sulkemistoimien nopealla toteuttamisella voidaan pienentää tehokkaasti jätevesien käsittelyyn ja ympäristön pilaantumiseen liittyviä riskejä.

Sivukivialueiden KL1 tai KL2 sulkeminen ei ennalta arvioiden lisää tai voimista haitallisia päästöjä tai ympäristövaikutuksia yhdessä Kolmisopen hakemuksen mukaisen toiminnan kanssa. Päinvastoin sivukivialueiden sulkeminen vähentää avoimesta sivukivikasasta aiheutuvaa pölyämistä, käsiteltävien suotovesien määrää ja päästöjä pohjavesiin sekä pienentää vesienhallinnan ja vesienkäsittelyn kuormitusta.

Sivukivialueiden KL1 ja KL2 peittorakenteita ja sulkemissuunnitelmia koskevat hakemukset ovat tulleet ratkaisuvalmiiksi huomattavasti aikaisemmin kuin Kolmisoppea koskeva hakemus, eikä Kolmisopen malmion hyödyntämistä koskevaa hakemusasiaa ole asian laajuuden vuoksi mahdollista ratkaista samanaikaisesti tätä KL2-sivukivialuetta koskevaa asiaa ratkaistaessa. Kolmisopen hakemuksen ja sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkemissuunnitelmien ratkaiseminen samanaikaisesti aiheuttaisi aluehallintoviraston arvion mukaan haitallista viivästymistä sivukivialueiden sulkemiseen ja siirtäisi pilaantumisen rajoittamisen kannalta olennaisten lupamääräysten täytäntöönpanokelpoiseksi tulemistä. Sivukivialueille rakennettaville peittorakenteille on annettava luparatkaisut mahdollisimman nopeasti senkin varmistamiseksi, että jo käynnistyneet sulkemistoimet toteutetaan ympäristöluvassa hyväksytyllä tavalla.

Edellä todetun mukaisesti sivukivialueiden sulkemishakemusten ja Kolmisopen hakemuksen samanaikaiselle käsittelemiselle ja ratkaisemiselle ei ole ympäristönsuojelulain 46 §:ssä tarkoitettuja perusteita ottaen huomioon asioiden laadut ja luonteet sekä ympäristönsuojelullinen näkökulma. Ratkaisemalla sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkemissuunnitelmia koskevat hakemukset mahdollisimman pian vältetään myös hallintolain 23 §:n ja 25 §:n tarkoittamalla tavalla aiheuttamasta asioiden käsittelyyn kohdistuvaa aiheetonta ja haitallista viivytystä.

Terrafame Oy:n koko toimintaa koskeva lupamääräyksen 185 mukainen sulkemissuunnitelma (PSAVI/16044/2024) ja

Terrafame Oy:n koko toimintaa koskeva lupamääräyksen 102 mukainen jätehuoltosuunnitelma (PSAVI/16043/2024)

Terrafame Oy:n koko toimintaa koskevat ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 185 edellyttämä sulkemissuunnitelma ja lupamääräyksen 102 edellyttämä jätehuoltosuunnitelma on toimitettu aluehallintovirastoon 31.12.2024.

Tämän hakemuksen mukaiset sivukivialueen KL2 peittorakenteet sekä 31.7.2024 päivitetty sivukivialueen KL1 yleissuunnitelma on otettu huomioon aluehallintovirastoon toimitetuissa koko toiminnan sulkemissuunnitelmassa (PSAVI/16044/2024) ja jätehuoltosuunnitelmassa (PSAVI/16043/2024). Koko toiminnan sulkemissuunnitelmassa on esitetty samaa peittorakennerratkaisua kuin sivukivialueen KL2 ja sivukivialueen KL1 sulkemissuunnitelmissa sekä samoja vesien johtamisjärjestelyitä ja vesienkäsittelyä.

Sivukivialueilla KL1 ja KL2 muodostuvat suotovedet kerätään ja johdetaan prosessikiertoon tai käsittelyyn täytäntöönpanokelpoisten ympäristölupien nro 87/2022 ja 107/2023 sekä lainvoimaisen ympäristölupapäätöksen nro 166/2024 mukaisesti sivukivialueiden yleissuunnitelmassa kuvatulla tavalla, niin kauan kuin Kuusilammen avolouhos on toiminnassa. Sen jälkeen vedet ohjataan Kuusilammen louhosjärveen. Hakemuksen mukaan tarkempi suunnitelma suotovesien johtamiseksi Kuusilammen avolouhoksen louhosjärveen laaditaan Kuusilammen avolouhoksen sulkemissuunnittelun yhteydessä. Aluehallintovirastoon toimitetussa koko toiminnan sulkemissuunnitelmassa on Kuusilammen avolouhokseen muodostuvan louhosjärven osalta esitetty tarkemmat toimenpiteet Kuusilammen louhoksen sulkemiseksi ja lisäksi louhosjärven mallinnusraportti.

Koko toiminnan sulkemissuunnitelmassa esitettyssä vesitaselaskennassa (31.12.2024) on arvioitu, että sulkemisen jälkeen sivukivialueelta KL2 johdetaan suotovesiä louhosjärveen 45 762 m³ vuodessa ja sivukivialueelta KL1 86 466 m³ vuodessa. Sulkemissuunnitelman mukaan Kuusilammen louhoksen täyttyminen vie arviolta 40 vuotta. Sulkemissuunnitelmassa todetaan, että louhosjärven vettä varaudutaan käsittelemään laadun parantamiseksi ensisijaisesti passiivisin tai puolipassiivisin menetelmin, mikäli louhosjärven purkuveden laatu ei ole hyväksyttävällä tasolla ympäristövaikutusten kannalta. Sulkemissuunnitelman mukaan suunnitelma tarkistetaan vähintään viiden vuoden välein tai toiminnan oleellisesti muuttuessa. Kussakin suunnitteluvaiheessa esitetään suositukset seuraavaa suunnitteluvaihetta varten, tunnistettujen riskien, epävarmuuksien ja vaikutusten pohjalta. Suunnitelman mukaan seuraavan viisivuotiskauden (2025–2029) aikana muun muassa sulkemirakenteet ja työtavat kehittyvät, jo toteutetuilta rakenteilta saatua kokemusta voidaan käyttää mallinnuksien tarkentamiseksi ja passiivisia ja semipassiivisia vesienkäsittelymenetelmiä pilotoidaan ja niiden vaikuttavuutta voidaan arvioida.

Sivukivialueiden KL2 ja KL1 sulkeminen hakemusten mukaisella tavalla on vireillä olevien ja pitkän ajan toimenpiteitä kuvaavien koko toiminnan sulkemis- ja jätehuoltosuunnitelmien mukainen. Aluehallintovirasto toteaa, että tässä päätöksessä annetun ratkaisun mukaiset sivukivialueen peittorakenteet otetaan huomioon koko toiminnan sulkemissuunnitelmasta ja jätehuoltosuunnitelmasta myöhemmin annettavissa päätöksissä.

Edempänä sanotun mukaisesti sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkeminen on tarpeen aloittaa mahdollisimman nopeasti ympäristöluvassa hyväksytyllä peittorakenteella sivukivialueilta aiheutuvien päästöjen, käsiteltävien suotovesien muodostumisen ja ympäristön pilaantumisen vähentämiseksi. Sivukivialueella KL2 peittorakenteen rakentaminen on aloitettu ELY-keskukselle 17.6.2024 tehdyn ilmoituksen nojalla. Sivukivialueiden sulkeminen ympäristöluvassa hyväksytyllä rakenteella ennalta arvioiden edistää ympäristönsuojelua ja vähentää ympäristön pilaantumista.

Koko toiminnan sulkemissuunnitelma ja jätehuoltosuunnitelma ovat tulleet vireille aluehallintovirastoon 31.12.2024, eli huomattavasti myöhemmin kuin sivukivialueiden peittorakenteita koskevat hakemukset. Sulke- mis- ja jätehuoltosuunnitelmat ovat täydennyspyyntövaiheessa eikä niitä ole vielä kuulutettu ja annettu tiedoksi asianosaisille tätä päätöstä annettaessa. Sivukivialueen peittorakennetta koskevan hakemuksen sekä koko toiminnan sulkemis- ja jätehuoltosuunnitelmien käsittely ja ratkaiseminen yhtä aikaa aiheuttaisi aluehallintoviraston arvion mukaan merkittävää viivästymistä sivukivialueen sulkemiseen ympäristöluvassa hyväksytyllä peittorakenteella.

Edellä sanotun perusteella sivukivialueiden sulkemishakemusten ja myöhemmin vireille tulleiden koko toiminnan sulkemissuunnitelmaa ja jätehuoltosuunnitelmaa koskevien hakemusten samanaikainen käsitteleminen ja ratkaiseminen on tarpeetonta ottaen huomioon erityisesti ympäristönsuojelullinen näkökulma. Ratkaisemalla sivukivialueiden KL1 ja KL2 sulkemissuunnitelmia koskevat hakemukset mahdollisimman pian välttään myös hallintolain 23 §:n ja 25 §:n tarkoittamalla tavalla aiheuttamasta asioiden käsittelyyn kohdistuvaa aiheetonta ja haitallista viivytystä.

Kipsisakka-altaan 1 sulkeminen (PSAVI/16183/2023)

Terrafame Oy:n ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 189 mukainen suunnitelma kipsisakka-altaan 1 sulkemisesta on tullut vireille aluehallintovirastossa 29.12.2023. Kipsisakka-allas on määritelty vaarallisen jätteen kaatopaikaksi ja sille rakennetaan vaarallisen jätteen kaatopaikoilta edellytettävät pintarakenteet. Asia ei liity sivukivialueen KL1 tai KL2 sulkemiseen eikä vaikuta sivukivialueiden vesien johtamiseen ja käsittelyyn sulkemisen jälkeen, joten asioita ei ole ollut tarpeen käsitellä ja ratkaista yhtä aikaa.

Vesienkäsittelysakkojen ja -lietteiden loppusijoittaminen geotuubikentille 1, 2 ja 4–6 perustettavalle vaarallisen jätteen kaatopaikalle, VHO:n osin palauttama asia (PSAVI/5633/2022) ja

Vanhojen vesienkäsittelysakka-alueiden kunnostus, kunnostuksessa syntyvien vesienkäsittelysakkojen ja -lietteiden sekä likaantuneiden maa-ainesten loppusijoittaminen perustettaville vaarallisen ja vaarattoman jätteen kaatopaikoille (PSAVI/13121/2022)

Terrafame Oy:llä on vireillä hakemus vanhojen vesienkäsittelysakka-alueiden kunnostuksesta sekä sakkojen, lietteiden ja likaantuneiden

maa-ainesten loppusijoittamisesta perustettaville vaarallisen ja vaarattoman jätteen kaatopaikoille (PSAVI/13121/2022) sekä on ollut vireillä hakemus vesienkäsittelysakkojen ja -lietteiden loppusijoittamisesta geotuubikentille 4–6 perustettavalle vaarallisen jätteen kaatopaikalle (PSAVI/5633/2022). Asiasta PSAVI/5633/2022 on annettu 10.6.2025 päätös nro 80/2025. Asiat eivät liity sivukivialueen KL1 tai KL2 sulkemiseen eivätkä vaikuta sivukivialueiden vesien johtamiseen ja käsittelyyn sulkemisen jälkeen, joten asioita ei ole ollut tarpeen käsitellä ja ratkaista yhtä aikaa.

Valituksenalaisten lupapäätösten nro 87/2022 ja 107/2023 vireilläolovaikutuksen merkityksen arviointi sivukivialueen KL2 sulkemisen kannalta

Sotkamon kaivos- ja metallituotantoa koskeva määräaikainen ympäristö- ja vesitalouslupa nro 87/2022 sekä sivukivialuetta KL1 koskeva ympäristö- ja vesitalouslupa nro 107/2023 eivät ole vielä lainvoimaisia. Muiden ohella Terrafame Oy on 27.1.2025 hakenut valituslupaa ja valittanut Vaasan hallinto-oikeuden päätöksistä nro 1738/2024 ja 1739/2024 korkeimpaan hallinto-oikeuteen.

Sivukivialueen KL1 sulkemista koskevan hakemuksen mukaan Terrafame Oy on ottanut Vaasan hallinto-oikeuden valituksenalaisen päätöksen huomioon alkaessaan suunnitella sivukivialueen KL1 rakennusvaiheen 3 pohjarakenteita hallinto-oikeuden päätöksen mukaisella kaksinkertaisella kalvorakenteella.

Kyseessä on käynnissä oleva kaivostoiminta. Sivukivialuetta KL2 on vaiheittain rakennettu ja otettu käyttöön vuosina 2016–2022. Alueelle KL2 läjitetty sivukivi on ollut alttiina sadevesien ja hapen aiheuttamalle rapautumiselle vanhimmalla alueella lähes kymmenen vuoden ajan. Avoimena olevalla sivukivialueella mustaliuskesivukiven rapautuessa muodostuu haitallisia metalleja sisältäviä suotovesiä. Suotovedet kerätään eikä niitä johdeta käsittelemättöminä ympäristöön, mutta sulkematomilta kaivannaisjätteen jätealueilta tulevat vedet kuormittavat kaivosalueen vesienhallintaa ja vesienkäsittelyä merkittävästi enemmän kuin peittorakenteella suljetuilta alueilta tulevat vedet. Sivukivialueiden suotovesistä aiheutuu ympäristön pilaantumisen vaaraa esimerkiksi tilanteessa, jossa vesienhallintaan tulisi häiriöitä. Ympäristön pilaantumisen vaaran vähentämiseksi on ensisijaista, että täyteen tulleet sivukivialueet suljetaan mahdollisimman pian suotovesien muodostumisen vähentämiseksi. Tiivis peittorakenne vähentää suotovesien sisältämää metallikuormitusta sekä mahdollisesti tiiviin pohjarakenteen läpi suotautuvaa kuormitusta. Sivukivialueen KL1 ympäristöluvassa nro 107/2023 on vesienkäsittelyyn liittyvien riskien pienentämiseksi annettu määräys, jonka mukaan sulkematta olevaa jätealuetta saa sivukivialueella KL1 olla enintään 100 hehtaaria. Avoimena olevat sivukivialueet aiheuttavat myös pölyämistä, josta voi aiheutua pölyhaittaa kaivosalueen ympäristössä.

Sivukivialueiden KL2 tai KL1 sulkeminen ja niitä koskevat suunnitelmat eivät lähtökohtaisesti lisää toiminnan päästöjä ja ympäristövaikutuksia

tai laajenna toimintaa täytäntöönpanokelpoisen pääluvan nro 87/2022 ja sivukivialueen KL1 täytäntöönpanokelpoisen luvan nro 107/2023 mukaisesti. Sivukivialueella KL2 peittorakenteen rakentaminen on aloitettu ELY-keskukselle tehdyn ilmoituksen nojalla, ja myös sivukivialueen KL1 käyttöön otettujen rakennusvaiheiden sulkeminen on tarpeen aloittaa vaiheittain mahdollisimman nopeasti päästöjen ja ympäristön pilaantumisen vähentämiseksi, riippumatta siitä mikä on koko toiminnan päälu-paa ja sivukivialueen KL1 lupaa koskevan muutoksenhaun lopputulos.

Ennalta arvioiden sivukivialueiden sulkeminen rakenteella, joka on ympäristöluvista hyväksytty, edistää ympäristönsuojelua ja vähentää ympäristön pilaantumisen vaaraa.

Valituksenalaisissa päätöksissä nro 87/2022 ja 107/2023 ei ole annettu yksityiskohtaisia lupamääräyksiä siitä, millaisella pintarakenteella sivukivialueet KL1 ja KL2 olisi suljettava. Sulkemista koskevat rakenteet on määrätty ratkaistavaksi erillisten hakemusten pohjalta, joista tässä asiassa on KL2-sivukivialueen osalta nyt kysymys. Näin ollen korkeim-massa hallinto-oikeudessa käsiteltävillä asioilla ja niistä annettavilla ratkaisuilla ei ole merkitystä tässä asiassa annettavan päätöksen sisällölle, eikä päätösten sisältöjen tämän vuoksi ennalta arvioiden ole mahdol-lista olla ristiriidassa keskenään.

Sivukivialueiden peittorakenteita koskevien luparatkaisujen viivästyttäminen siihen asti, että toimintaa koskeva päälu-pa ja sivukivialuetta KL1 koskeva ympäristölupa saavat lainvoiman, aiheuttaisi aluehallintoviras-ton arvion mukaan tarpeetonta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa ja kaivoksen vesienhallinnan ja -käsittelyn kuormittumista.

Aluehallintovirasto arvioi, että olemassa olevista sivukivialueista ei sul-kemisen jälkeenkään aiheudu sellaista ympäristön merkittävää pilaantu-mista tai sen vaaraa, että jätealueita ei voitaisi sulkea nykyisille paikoil-leen. Näin ollen aluehallintoviraston tulee antaa sivukivialueiden peitto-rakenteita koskevat asiaratkaisut meneillään olevista muutoksenhauista huolimatta. Sivukivialueiden peittorakenteesta annetut ratkaisut eivät estä myöskään mahdollisia myöhempiä muita kaivannaisjätteen jäte-huoltoon liittyviä sivukiven loppusijoitusvaihtoehtoja, kuten esimerkiksi takaisintäyttöä avolouhokseen.

Edellä sanotun perusteella sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelmaa ja peittorakennetta koskeva hakemus on ratkaistu Terrafame Oy:n päälu-paa ja sivukivialueen KL1 ympäristölupaa koskevasta vireillä olevasta muutoksenhausta huolimatta.

Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA)

Kainuun ELY-keskus on todennut sulkemissuunnitelmasta antamas-saan lausunnossa, että Terrafame Oy:n vuonna 2017 toteutetuissa ve-sienhallinnan ja tuotannon kasvattamisen YVA-menettelyissä on ollut mukana sivukivialue KL1 ja sivukivialue KL2. Lisäksi sivukivialueiden

sulkemistoimia on käsitelty Kolmisopen malmion hyödyntämistä koskeudessa YVA-menettelyssä. Kainuun ELY-keskus on todennut, että YVA on ajantasainen sivukivialueiden sulkemisen osalta.

Laki ympäristövaikutusten arvioinnista (252/2017) ei edellytä erillisen ympäristövaikutusten arviointiprosessin suorittamista kaivannaisjätteen jätealueiden sulkemisvaihtoehdoista. Kaikissa kaivosalueella toteutetuissa ympäristövaikutusten arviointiprosesseissa on lähdetty siitä perustilanteesta, että jätealueet suljetaan tiiviillä pintarakenteilla.

Aluehallintovirasto toteaa, että toteutetut ympäristövaikutusten arviointimenettelyt ja niistä tehdyt perustellut päätelmät ovat sivukivialueiden KL1 ja KL2 osalta ajantasaisia ympäristövaikutusten arviointimenettelyä koskevan lain 27 §:n (768/2019) mukaisesti. Toteutettavat sulkemisratkaisut vastaavat niihin tavoitteisiin, mitä arviointiprosesseissa on jätealueiden osalta asetettu.

Luvan myöntämisen edellytykset

Toiminnan lopettamiseen liittyvä sääntely

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) ja valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013)

Ympäristönsuojelulaissa tai kaivannaisjätteistä annetussa valtioneuvoston asetuksessa ei säädetä yksityiskohtaisista vaatimuksista kaivannaisjätteen jätealueen sulkemisen yhteydessä toteutettavasta pintarakenteesta. Ympäristölupamenettelyn lähtökohtana on, että toiminnasta ei aiheudu sulkemisen jälkeenkään merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. Ympäristönsuojelulain 94 §:n 1 momentin mukaisesti luvanvaraista toimintaa harjoittanut vastaa toiminnan lopettamisen jälkeenkin lupamääräysten tai valtioneuvoston asetuksella säädetyn yksilöidyn velvoitteen mukaisesti tarvittavista toimita pilaantumisen ehkäisemiseksi, samoin kuin toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta. Ympäristönsuojelulain 114 §:n mukaisesti tehtäväksi määrätyssä kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa on oltava tiedot mm. toiminnan lopettamiseen liittyvistä toimita.

Ympäristönsuojelulaiksi ja laeiksi eräiden siihen liittyvien lakien muuttamisesta eduskunnalle annetun hallituksen esityksen (HE 214/2013 vp) toiminnan lopettamista ja sen jälkeisiä velvoitteita ilmentävän 94 §:n perusteluissa mainitaan, että kyseisessä pykälässä tältä osin säädetty vastaisi voimassa olevan ympäristönsuojelulain 90 §:ää. Vuoden 2000 ympäristönsuojelulakia koskevan ympäristönsuojelu- ja vesilainsäädännön uudistamiseksi eduskunnalle annetun hallituksen esityksen (HE 84/1999 vp) 90 §:n yksityiskohtaisissa perusteluissa on muun ohella todettu, että toimintansa lopettaneesta teollisuuslaitoksesta voisi vielä pitkään aiheutua jätevesipäästöjä. Luvan määräyksiä jäteveden johtamisesta tulisi edelleen noudattaa, kuten myös tarkkailua koskevia

määräyksiä. Vastaavanlaisia tilanteita voisi liittyä myös turpeen ottoalueisiin ja kaivoksiin. Määräyksiä tulisi noudattaa niin kauan kuin pilaantumista tai sen vaaraa voi edelleen aiheutua.

Ympäristönsuojelulain 52 §:n 3 momentin mukaan päästöraja-arvoa sekä päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan.

Kaivannaisjätteen jätealueiden käytöstä poistamisesta säädetään yksityiskohtaisemmin valtioneuvoston asetuksessa kaivannaisjätteistä. Asetuksen 3 §:n mukaan kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman laatimisessa on muun ohella otettava huomioon, että kaivannaisjätteen jätealue suunnitellaan ja toteutetaan siten, että 8) se edellyttää mahdollisimman vähän seurantaa, tarkkailua, valvontaa ja hoitoa toiminnan lopputtua ja 9) toiminnasta aiheutuvat haitalliset ympäristövaikutukset lyhyellä ja pitkällä aikavälillä ehkäistään mahdollisimman tehokkaasti.

Asetuksen 7 §:ssä todetaan muun muassa, että kaivannaisjätteen jätealue on perustettava ja sitä on hoidettava siten, että 2) jätealueesta ei aiheudu pitkänkään ajan kuluessa ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa ottaen huomioon syntyvä suotovesi ja muu jätevesi sekä eroosio ja 6) ryhdytään asianmukaisiin toimiin jätealueen käytöstä poistamiseksi ja sen jälkihoidon järjestämiseksi.

Asetuksen 14 §:n 2 momentissa todetaan, että toiminnanharjoittajan on huolehdittava siitä, että käytöstä poistetun kaivannaisjätteen jätealueen ja sen ympäristökuormituksen hallintaan tarpeellisia rakenteita ylläpidetään ja seurataan, tarkkailu on mahdollista ja tarvittaessa ylivuotokanavat ja patoaukot pidetään toiminnassa ja puhtaina. Toiminnanharjoittajan on myös viipymättä ilmoitettava vaaratilanteista valvontaviranomaiselle ja ryhdyttävä toimiin onnettomuuksien tai ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi noudattaen, mitä 11 §:ssä ja 12 §:n 2 momentissa säädetään. Saman pykälän 3 momentin mukaan toiminnanharjoittaja vastaa kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisen jälkeen tehtävistä jälkihoitotoimista sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta niin kauan kuin tämä 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 tai vaikutusalueen pinta- tai pohjavesien tilaa ei ole enää tarpeen tarkkailla.

Lähtökohtaisesti kaivannaisjätteen jätealue on siis suljettava siten, että siitä ei aiheudu pitkänkään ajan kuluessa ympäristön pilaantumista. Sulkemusrakenteen toimivuuteen ja käyttöikään on kiinnitettävä erityistä huomiota, kun loppusijoitettu sivukivi on happoa muodostavaa kiviainesta.

Kaivannaisjätteiden hallinnan paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)

Kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita (BAT) koskeva vertailuasiakirja "Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries (MWEI BREF)" julkaistiin joulukuussa 2018. Vertailuasiakirjan BAT-päätelmissä on esitetty ne tekniikat, käytännöt ja toimenpiteet, jotka on todettu parhaiksi käytössä oleviksi kaivannaisjätteiden hallinnassa sekä kaivannaisjätteistä aiheutuvien haitallisten vaikutusten ehkäisyssä kaivoshankkeen eri vaiheissa.

Päätelmien soveltamisesta laaditun oppaan (Ympäristöministeriön julkaisu 2020:12) mukaan kestävässä kaivostoiminnassa keskeistä on parhaiden käytettävissä olevien ja käyttökelpoisten tekniikoiden (BAT) kehittymisen seuraaminen ja hyödyntäminen sekä kaivoksen varsinaisen toimintavaiheen lisäksi sulkemis- ja jälkihoitoratkaisujen suunnittelu kaivostoiminnan suunnitteluvaiheessa. BAT-tekniikoita ja ympäristön kannalta parhaita käytäntöjä (BEP) soveltamalla voidaan ehkäistä ja vähentää kaivostoiminnasta ja kaivannaisjätteistä aiheutuvia haitallisia ympäristövaikutuksia. Kaivostoiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa tulee hyödyntää kaivoskohteeseen soveltuvia BAT-tekniikoita tai niihin verrattavissa olevia tekniikoita, joilla saavutetaan sama ympäristönsuojelun taso.

BAT-päätelmissä on annettu suosituksia seuraavista kaivannaisjätteiden hallinnan osa-alueista: yritysjohtaminen, tiedon keruu ja hallinta, jätehierarkia, kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteellinen vakavuus, kaivannaisjätteiden fysikaalisen ja kemiallisen pysyvyyden hallinta, pohjaveden tilan huononemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen, pintavesien tilan huononemisen ehkäiseminen ja vähentäminen, ilmapäästöjen ehkäiseminen ja vähentäminen sekä muiden ihmisen terveyteen ja ympäristöön kohdistuvien vaikutusten ehkäiseminen ja vähentäminen. BAT-päätelmissä on tarkasteltu kunkin päätelmän soveltamista toiminnan elinkaaren eri vaiheissa, mukaan lukien sulkemis- ja jälkihoitovaiheissa.

Kaivannaisjätteen hallinnan BAT-päätelmät eivät ole sitovia lupaharkinnassa, mutta BAT-päätelmissä on määritetty BAT-tekniikoihin ja niiden soveltamiseen liittyen teknisiä vaatimuksia ja suosituksia rakenteille, kuten kaivannaisjätteen jätealueiden pohja- ja pintarakenteiden ominaisuuksille, kerrospaksuuksille ja rakenteiden tai rakennekerrosten vedenläpäisevyyksille.

Hallinto-oikeuden tulkinta sulkemisrakenteiden käyttöiästä

Vaasan hallinto-oikeus on käsitellyt sulkemisrakenteiden kestävyyskysymyksiä liittyvää asiaa 19.12.2024 antamassaan päätöksessä Terrafame Oy:n toimintaa koskevasta aluehallintoviraston ympäristö- ja vesitalouslupavasta nro 87/2022. Hallinto-oikeus toteaa päätöksessään muun muassa, *"että saadun selvityksen perusteella kipsisakka-altaalla 1 on ollut*

käynnissä peiterakennekokeita vuodesta 2016 alkaen ja olemassa olevalla toisen vaiheen liuotusalueella ja sivukivialueella KL2 vuodesta 2018 alkaen. Alueella toteutettujen koejärjestelyiden lisäksi yhtiö on toteuttanut jätteiden karakterisointia ja mahdollisten peiterakennieratkaisuiden pitkäaikaiskestävyyttä ja muiden ominaisuuksien kartoittamista koskevia laboratorioskokeita. Kun otetaan huomioon nyt kysymyksessä olevien jätteiden laatu ja niistä muodostuvien suotovesien laatu ja haitallisuus ympäristölle sekä se, että valittavien peiterakenteiden on kes-tettävä kohteen olosuhteissa vähintään satoja vuosia, on kohteisiin mahdollisesti soveltuvien peiterakenteiden testaukseen ja valintaan kiin-nitettävä erityistä huomiota.”

Hakemuksen mukaisen peittorakenteen arviointi

Terrafame Oy on hakemuksessa esittänyt sivukivialueen peittämistä tiivillä peittorakenteella, joka koostuu seuraavasta kerrosrakenteesta: sivukivitäyttö, kiilauskerros kalliomurskeella, suojageotekstiili (400 g/m^2), vesi- ja kaasutiivis $1,5 \text{ mm:n}$ paksuinen LLDPE-kalvo, salaojamatto, 200 mm:n paksuinen pintakerros kalliomurskeesta sekä 500 mm:n paksuinen pintamaakerros puhtaista, soveltuvista kitkamaista ja mahdollisesti turpeesta. Suojageotekstiilin tarkoitus on suojata tiiviskerroksena toimivaa LLDPE-kalvoa alapuolisesta rakenteesta aiheutuvista piste-mäisistä kuormista. Kuivatuskerroksena toimiva salaojamatto suojaa samalla LLDPE-kalvoa yläpuolisen rakenteen aiheuttamilta pistemäisiltä kuormilta. Myös salaojamatto sisältää salaojakerroksen molemmiin puoliin suojageotekstiilin (yhteensä 300 g/m^2). Sivukivikasan laelle menevien ajoramppien kohdalla asennetaan kalvon päälle suojageotekstiili (1200 g/m^2), salaojamatto, 500 mm:n pintakerros ja 200 mm paksu kulutuskerros, joiden päälle lopuksi 500 mm:n pintamaakerros.

Samanaikaisesti vaiheittain suljettavalle, nyt läjityskäytössä olevalle, sivukivialueelle KL1 (PSAVI/9228/2024) sekä Kolmisopen maa-alueen malmion hyödyntämisen lupahakemuksessa (PSAVI/8746/2023) Kolmisopen sivukiville suunnitellulle uudelle sivukivialueelle KS1 on esitetty samanlaista peittorakennetta.

Koeluonteiset toiminnot

Lupaviranomaiselle on tehty kaivoksen toiminnan aikana useita jätealuiden sulkemiseen liittyviä ilmoituksia koeluonteisesta toiminnasta. Ensimmäiset koerakenteet on toteutettu toisen vaiheen liuotusalueen itäreunaan 2011–2012. Osa koerakenteista toteutettiin kalvorakenteeseen perustuen. Näissä HDPE-kalvon alapuolisena suojarakenteena oli 400 g/m^2 suojageotekstiili ja yläpuolella salaojamatto. Salaojamaton päälle oli asennettu suoraan 500 mm:n pintakerros.

Seuraavat koerakenteet on toteutettu toisen vaiheen liuotusalueen pohjoisreunaan 2018. Näistä vaihtoehdossa 1 HDPE-kalvorakenne on suojattu ylä- ja alapuolelta suojageotekstiilillä. Kalvon yläpuolisen suojageotekstiilin päällä on ollut 500 mm:n kasvukerros ja kalvon alapuolisen suojageotekstiilin alla $0\text{--}16 \text{ mm:n}$ murskeesta tehty 150 mm:n suojakerros ja sen alla $0\text{--}63 \text{ mm:n}$ murskeesta tehty kiilauskerros.

Sivukivialueelle KL2 tehdyssä (2021) koerakenteessa käytetty kalvoraakenne on ollut vaihtoehdossa VE1a seuraava: kasvukerros moreenista ja turpeesta 500 mm, pintakerros KaM 0/63 200 mm, salaojamatto Fabrinet ST-E B120 / ST-B 200, HDPE-kalvo 1,5 mm DRS kitka, suoja-geotekstiili 400 g/m² BS32, suojakerros KaM 0/16 100 mm, kiilattu sivukivilouhetäyttö. Vaihtoehdossa VE1b rakenne on ollut seuraava: kasvukerros moreenista ja turpeesta 500 mm, salaojamatto Fabrinet ST-E B120 / ST-B 200, HDPE-kalvo 1,5 mm DRS kitka, suojageotekstiili 400 g/m² BS32, suojakerros KaM 0/16 100 mm, kiilattu sivukivilouhetäyttö.

Sivukivialueelle KL2 vuonna 2024 tehdyssä koerakenteessa tutkittiin erityisesti bentoniittimattoon pohjautuvia rakenteita. Näissä kaikissa bentoniittimaton alapuolinen rakenne muodostui 100 mm:n kerroksesta 0–16 mm:n mursketta ja 0–63 mm:n murskeesta tehdystä kiilauskerroksesta. Bentoniittirakenteen yläpuolinen kerros koostui koerakenteissa salaojamatosta, 200 mm:n pintakerroksesta 0–32 mm kalliomursketta ja 500 mm:n pintamaakerroksesta. Tältä osin koerakenne on ollut vastaava kuin tämän hakemuksen mukainen rakenne.

Kyseisessä koetoimintailmoituksessa Terrafame Oy on esittänyt, että koerakennealueiden sulkeminen ympäristöluvan mukaisella rakenteella voidaan tarvittaessa jättää tehtäväksi myöhemmin, esimerkiksi viiden vuoden kuluttua, eikä sillä ole vaikutusta koko sivukivialueen KL2 sulkeamisen kannalta. Koetoiminnasta annetussa aluehallintoviraston päätöksessä nro 115/2024 (30.8.2024) on määrätty, että ennen koerakennealueiden lopullista peittämistä ympäristöluvan mukaisella peittorakenteella on koerakennealueilta poistettava tarpeettomat rakenteet, jotka vaikeuttavat tai estävät lopullisten luvan mukaisten peittorakenteiden rakentamista.

Kalvorakenteisiin perustuvien rakenteiden lisäksi koerakenteissa on tutkittu myös moreeni-, turve- ja bentoniittimateriaalien soveltuvuutta sulkemiseen.

Aluehallintovirasto arvioi, että luvanhaltija on pystynyt hankkimaan koerakenteiden perusteella runsaasti tietoa eri rakenteiden rakennettavuudesta ja asennettavuudesta käytännön olosuhteissa ja etenkin alueelle tyypillisillä luiskakaltevuuksilla. Koerakenteilla on pyritty selvittävään soveliaimmat ja turvalliset työtavat. koerakenteiden käyttöikä on ollut kuitenkin niin lyhyt, että niiden perusteella ei pysty täysin luotettavasti arvioimaan esimerkiksi LLDPE-kalvon ja sen suojakerrosten toimintaa pitkällä aikavälillä. Myös testatut materiaalit ovat vaihdelleet eri rakenteissa. Tämän vuoksi saatavilla olevat materiaalitiedot, materiaalien käyttöolosuhde, asennusolosuhteet ja suojarakenteista tehtyt sylinteritestit ovat olennaisessa osassa materiaalien riittävyttä arvioitaessa. Hakemuksessa on sitä kokonaisuutena arvioitaessa esitetty tarvittavat tiedot lupa-asian ratkaisemiseksi.

Koska toteutetut koerakenteet eivät vastaa tässä päätöksessä määrättyä, on tämän päätöksen mukainen peittorakenne rakennettava myös kyseisille koerakennealueille.

Peittorakenteen käyttöikä ja sille asetettavat vaatimukset

Sivukivialueelle KL2 on läjitetty suuri määrä sivukiveä, noin 129 miljoonaa tonnia, josta suurin osa on mustaliusketta. Mustaliuskesivukiven sisältämät sulfidimineraalit muodostavat hapettuessaan happamia ja metallipitoisia suotovesiä siihen asti, kunnes veden ja hapen kulkeutuminen sivukivitäyttöön loppuu. Tiiviin peittorakenteen rakentamisen jälkeen sivukivitäytöstä poistuva varastokuorma on edelleen merkittävä. Sivukivestä tehtyjen kosteuskammiokeiden perusteella mustaliuskeesta liukenee muun muassa nikkeliä, sinkkiä, kuparia ja kadmiumia sekä sulfaattia ilman tiivistä pintarakennetta varsin pitkään. Sivukivialueella KL2 sivukiven läjittäminen on alkanut vuonna 2016, ja hapettumisen vuoksi metalleja liukenee sivukivestä suotoveteen tarkkailutulosista ilmenevästi tällä hetkellä runsaasti.

Sivukivialueesta aiheutuvan pilaantumisen rajoittamiseksi sivukivialue on tärkeää peittää pysyvästi siten, että sivukivitäytöstä ei aiheudu sulkemisen jälkeen ympäristön pilaantumista pitkälläkään aikavälillä. Sivukivialueen sulkemisessa on kyse erittäin pitkäaikaisesta ratkaisusta. Toteutettavan peittorakenteen pitää estää hapen ja veden kulkeutumisen sivukivitäyttöön niin kauan kuin mahdollista, satojen tai jopa tuhansien vuosien ajan.

Hakemuksen mukaisen rakenteen toiminta perustuu LLDPE-kalvoon, joka estää hapen sekä sade- ja valumavesien kulkeutumisen sivukivitäyttöön. Kalvon toiminta ja ominaisuudet voivat heikentyä kalvon rakentamisen tai käytön aikana ulkoisista kuormista aiheutuvien mekaanisten vaurioiden takia tai kalvon ikääntyessä tapahtuvien ominaisuuksien luontaisen heikkenemisen myötä.

Kalvomateriaali ja kalvon suojaaminen

Hakemuksessa on esitetty peittorakenteen kalvomateriaaliksi LLDPE-kalvoa sivukivialueen pohjarakenteessa käytetyn HDPE-kalvon sijaan. Myös peittorakenteita koskevissa koelunonteisissa toiminnoissa on testattu tiivisrakenteena HDPE-kalvoa. Hakemuksen mukaan LLDPE-kalvo kestää muodonmuutoksia paremmin, ei ole yhtä herkkä jännityssäröilylle ja on helpommin käsiteltävä rakennusvaiheessa kuin HDPE-kalvo. LLDPE-kalvon kemiallinen kestävyys ei hakemuksen mukaan ole yhtä hyvä kuin HDPE-kalvon, mutta koska peittorakenteessa kalvon päälle tulee vain pilaantumattomia maa-aineksia, kalvoon kohdistuva hapen ja muu kemiallinen altistus on huomattavasti vähäisempää kuin esimerkiksi sivukivialueen pohjarakenteessa.

Erään hakemuksessa esitetyn arvion mukaan mekaanisten vaikutusten aiheuttamia reikiä ja repeämiä voi kalvoon tulla rakentamisvaiheessa ja muutamien ensimmäisten vuosikymmenten aikana. Hakemuksen mukaisessa rakenteessa 1,5 mm:n LLDPE-kalvoa suojaa pistemäisiltä

kuormilta sen alapuolelle asennettava 400 g/m² painoinen suoja-geotekstiili ja yläpuolelle asennettava, yhteispainoltaan 300 g/m² suoja-geotekstiilin sisältävä salaojamatto, ja sen päällä oleva kalliomurskeesta tehtävä 200 mm:n pintakerros. Hakemuksessa on arvioitu näiden suojarakenteiden riittävyyttä asianmukaisesti toteutetuin sylinteritestin. Testien mukaan salaojamatto toimii riittävänä rakenteen yläpuolisena suojauskerroksena. Alapuolisena suojauskerroksena käytettävän geotekstiilin kanssa tehdyissä 100 h mittauksissa havaittu taipumaviiva oli osin suurempi kuin yleisenä ohjeena pidetty 0,25 %. Hakemuksen täydennyksessä on kuitenkin todettu, että LLDPE-kalvo kestää pistekuormista tai liikennekuormasta johtuen noin 1–2 %:n venymiä vaurioitumatta. Näin ollen päätöksessä ei ole edellytetty edellä mainitun 0,25 %:n taipuman alittamista pintarakenteen LLDPE-kalvossa, mikä on ollut edellytyksenä kaivosalueella HDPE-kalvolla toteutetuissa pohjarakenteissa. Suuren yläpuolisen kuormituksen takia pohjarakenteille asettavat vaatimukset ovat tiukempia.

Aluehallintovirasto arvioi, että laboratoriotestien tulokset eivät välttämättä täysin vastaa kentällä toteutuvia tilanteita. Salaojamaton päällä käytettäväksi esitetty raekoon 0–32 mm kalliomurske on karkearakeisempaa verrattuna toiminnanharjoittajan kaivosalueella muualla vastavissa kohteissa käytettyihin rakenteisiin, joissa on käytetty 0–12 tai 0–16 mm:n mursketta. Laajoissa rakennusalueissa on mahdollista, että rakenteeseen jää epäedulliseen asentoon salaojamaton paksuuteen nähden isoa murskekiviainesta. Niiden painautuminen salaojamaton lävitse on mahdollista epäedullisissa kuormitusolosuhteissa, jolloin myös riski LLDPE-kalvon vauriolle kasvaa. Terrafame Oy:n kaivosalueella on aiheutunut osin vastaavan vauriomekanismin kautta vaurioita muovikalvoon ainakin primäärihuotusalueella. Tehtyjen sylinterikokeiden perusteella pintakerroksessa voidaan käyttää kalliomursketta, jonka rakeisuus on yhtä karkeaa tai hienompaa kuin testeissä käytetty KaM 0/32. Kiilauskerroksessa on käytettävä mursketta, jonka rakeisuus on KaM 0/63, mutta määräys ei estä luvanhaltijaa asentamasta kiilauskerroksen päälle lisäksi hienojakoisemmasta murskeesta koostuvaa suojakerrosta.

Hakija on tuonut esiin mahdollisia salaojakerroksen vedenjohtavuuden heikentymiseen sekä työturvallisuuteen ja rakennettavuuteen liittyviä riskejä, jos salaojamaton yläpuolisen murskekerroksen raekokoa pienennetään hakemuksessa esitetystä. Aluehallintoviraston näihin asioihin liittyvässä asian selvittämiseksi järjestetyssä neuvottelussa hakija on lisäksi tuonut esiin työmenetelmät, joilla suojageotekstiilin alapuolinen sivukiven kiilauskerros tiivistetään asennusvaiheessa, jolloin riski pistemäiselle kuormitukselle pienenee merkittävästi.

Hakijan mukaan esimerkiksi KL2 sivukivialueen luiskaan sijoittuvan pilotti 4 -koekentän rakentaminen jouduttiin keskeyttämään toteutusvaiheessa alueella tapahtuneen sortuman vuoksi, joka johtui rakenteiden välisestä liian vähäisestä kitkasta. Kyseisessä pilotissa oli käytetty lamiinoitua bentoniittimattoja ja sen päällä raekooltaan 0/16 mursketta. Tapahtunut korostaa rakenteen kokonaissuunnittelun merkitystä jyrkissä

luiskissa. Aluehallintovirasto arvioi, että hakemuksen mukainen peittorakenne on teknisesti ja turvallisesti toteutettavissa päätöksen mukaisella tavalla. Vuonna 2024 sivukivialuetta KL2 on suljettu tällä rakenteella noin 9 hehtaaria.

Ottaen huomioon LLDPE-kalvon ominaisuudet, sen yläpuolisen salaojamaton ja alapuolisen suojageotekstiilin suojausvaikutukset, huolelliset työmenetelmät, joilla alapuolisen kiilauskerroksen pinnan taseus on mahdollista varmistaa rakentamisen aikana, sekä pintakerroksessa kalvoon aiheutuvan pienemmän kuormituksen verrattuna pohjarakenteisiin, aluehallintovirasto arvioi tiiviskerroksen LLDPE-kalvon suojauksen olevan riittävä hakemuksen mukaisilla murskeilla. Kalliomurskeen raekoko voi kuitenkin olla myös hienojakoisempi kuin hakemuksen mukainen 0/32 tai 0/63 mm, mikäli peittorakenne on turvallisesti rakennettavissa ja kalvon päällä olevan murskekerroksen veden johtavuus säilyy riittävänä kuivatuskerroksen näkökulmasta.

Kalvon paksuus

Aluehallintovirasto arvioi, että kyseisessä sivukivialueen peittorakenteessa ei saavutettaisi todennäköisesti merkittävää hyötyä ympäristönsuojelun kannalta, jos tiivisrakenteeseen asennettaisiin esimerkiksi 2,0 mm:n LLDPE-kalvo esitetyn 1,5 mm:n LLDPE-kalvon sijaan. Peittorakenteessa kalvoon ei kohdistu yläpuolelta vastaavaa kuormitusta kuin pohjarakenteissa, joissa on käytetty paksumpaa HDPE-kalvomateriaalia. Peittorakenteeseen esitetty 1,5 mm:n LLDPE-kalvo on hakemuksen perusteella ennalta arvioiden käyttötarkoitukseensa soveltuva ja täyttää sivukivialueen tiivisrakenteelta edellytetyt vaatimukset ympäristönsuojelun kannalta. Kalvon paksuuden kasvattamisen sijaan olennaista on, että ylä- ja alapuolisilla suojusrakenteilla estetään kalvoa vahingoittavat pistemäiset kuormat ja että rakentaminen toteutetaan laadukkaasti asennusohjeita tarkasti noudattaen ja rakentamisen laatua valvotaan.

Parhaalla mahdollisella tavalla toimiessaan kalvo voi estää veden ja hapen kulkeutumisen sivukivitäyttöön pitkän aikaa. Kalvon kesto aika on pitkä, mutta kuitenkin rajallinen, eikä kalvoon tulevilta rei'iltä voida sen elinkaaren aikana välttyä. Hakemuksen mukaan peittorakenteen toimintatavoitteena on saavuttaa kokonaisuutena enintään 5 % vuosisadanasta oleva veden läpisytauma ja 1 mol/m²/vuosi hapenläpäisy. Hakemuksen perusteella se on mahdollista saavuttaa esitetyllä peittorakenteella, kun rakenne toimii suunnitellusti. Toimintatavoite sallii hakemuksen mukaan rakenteen vioista ja kulumisesta johtuvaa väistämätöntä suorituskyvyn alenemista.

Kalvon ominaisuuksiin liittyvä jännitysrakoilu ja hapettumisesta aiheutuvat vauriot ilmenevät vasta pidemmällä ajalla. Hakemuksen mukaan LLDPE-kalvon teoreettinen käyttöikä ennen kalvon hapettumista on rakenteen 20 asteen lämpötilassa vähintään 446 vuotta. Sivukivialueen KL2 pintarakenteen alaosaan esiintyvät, tätä alhaisemmat lämpötilat huomioon ottaen kalvon teoreettinen käyttöikä on todennäköisesti pidempi. Muovikalvon sijainti paksun maakerroksen alla suojaa sitä myös

UV-säteilyltä, mikä on yksi keskeisiä muovirakenteita haurastuttavia tekijöitä. Myös salaojamatto perustuu muovirakenteeseen, jonka ominaisuudet heikkenevät vastaavasti ajan kuluessa.

Muovikalvo ja salaojamatto eivät tule täyttämään niille rakenteen suunnittelussa asetettuja vaatimuksia, kun niiden ikääntymistä suojaavat antioksidantit menettävät pitkän ajan kuluessa tehon. Aluehallintovirasto arvioi, että edellä tarkastellun mukaisesti tiivisrakenteella saavutettava vähintään 500 vuoden käyttöikä on riittävä ympäristön pilaantumisen vaaran estämiseksi. Tämän jälkeen alueella voi olla tarve tehdä rakennetta korjaavia toimenpiteitä pilaantumisen estämiseksi. Paksumman LLDPE-kalvon laskennallinen käyttöikä on todennäköisesti jonkin verran pidempi kuin 0,5 mm ohuemmalla kalvolla. Tämä ei kuitenkaan ennalta arvioiden muuta olennaisesti edellä todettua, eikä luvan saajaa ole siten veloitettu asentamaan rakenteeseen paksumpaa tiivistyskalvoa.

Kalvon päällä olevat maakerrokset ja yhteenveto

Reikien ilmaannuttua kalvoon tiivisrakenteen toimintaan alkaa vaikuttaa myös sen päällä olevien kerrosten veden- ja hapenläpäisevyys.

Täysin tai merkittävässä määrin vedellä kyllästynyt maakerros ei johda merkittävästi vettä ja happea peittorakenteessa alaspäin. Maakerrosten kuivuminen tai rakoilu taas lisää veden ja hapen kulkeutumista ja voi moninkertaistaa kalvoon tulleesta reiästä läpi pääsevän happivuon.

Maakerrokset sijaitsevat 1:3 kaltevuuden luiskissa. Maakerros on ominaisuuksiltaan vaihtelevanlaatuista eikä sitä tiivistetä koneellisesti sen asentamisen jälkeen. Muovikalvon päällä on salaojamatosta tehty kuivatuskerros ja murskekerros, jotka molemmat poistavat rakenteeseen kertyvää vettä. Todennäköisesti mineraalimaakerros on siten harvoin veden kyllästämässä tilassa eikä tule toimimaan merkittävässä määrin etenkin hapen kulkeutumista merkittävästi rajoittavana rakenteena.

Reunaluiskien kaltevuus ja niille tuleva kasvillisuus sekä kuivatuskerrokset sen sijaan edesauttavat sitä, että maakerros kuivuu nopeasti ja rajoittaa siten suotoveden määrää tehokkaasti, vaikka kalvon ominaisuudet ajan kuluessa heikkenevätkin.

Talviaikaan jäätyneessä pintamaakerroksessa ei kulkeudu vettä. Myös hapen kulkeutuminen vähenee olennaisesti, jos jäätyminen tapahtuu koko maakerroksessa. Pintamaan routimis-sulamissyklit voivat aiheuttaa pintamaiden liikkumista ja rakoilua. Mitä ohuempia maakerrokset kalvon päällä ovat, sitä suurempi vaikutus suojakerroksen kuivumisella ja jäätymisellä voi olla peittorakenteen toimivuuteen. Hakemuksessa on esitetty keskimääräisiä roudan syvyyksiä Kainuussa, ja syvimmillään routa on esitetyllä avoimen alueen mittauspaikalla ulottunut yli 600 mm:n syvyydelle vuosijaksolla 1981–2010. Paksumpi lumipeite vähentää roudan syvyyttä. Ilmastomuutoskenaarioiden perusteella voidaan arvioida, että pitkällä aikavälillä roudan syvyys voi Pohjois-Suomessa ja Kainuussa ohentua talviaikaisten lämpötilojen noustessa,

mutta samalla lumipeitteen suojaava vaikutus voi vähentyä. Sivukivialueet ovat maastonmuodoltaan sellaisia, että ainakin osilla lakialueita talviaikainen tuulen aiheuttama lumieroosio voi pitää laajojakin alueita lumettomina.

Kalvon päällä olevien kerrosten toimivuus ja riittävyys on keskeisessä asemassa, kun koko peittorakenteen pitkäaikaista kestävyyttä arvioidaan. Myös hakemuksessa on todettu, että oletettavimmat peittorakenteiden rikkoontumiset liittyvät harvoin itse kalvon kulumiseen luontaisista syistä, vaan esimerkiksi suojakerroksen eroosioon ja suojakerroksen läpi kalvoon tuleviin vaurioihin. Huonoimmassa tapauksessa kalvoon tulee reikiä jo asennusvaiheessa, minkä vuoksi on erittäin tärkeää kiinnittää huomiota huolelliseen rakentamistyöhön kalvon vaurioitumisen ehkäisemiseksi. Tämä on otettu huomioon annettaessa laadunvalvontaa koskevia lupamääräyksiä. Lupamääräyksiin on myös varmistettu, että LLDPE-kalvon yläpuolista rakennetta avataan peittorakenteen suojakerrosten toimivuuden ja kunnon havainnoimiseksi.

Hakemuksessa on esitetty yhteensä 700 mm paksua kerrosta (200 mm kalliomursketta + 500 mm kitkamaita) vähimmäispaksuutena LLDPE-kalvon ja salaojamaton päällä. Hakemuksen perusteella sylinterikokeet 700 mm:n suojakerroksen riittävydestä kalvon päällä osoittavat, että rakentamisaikana käytössä olevia työkoneita vastaavilla kuormilla kalvoon ei ole tullut reikää kyseisen testin kestoaikana.

Suunnitelman mukaan sivukivitäytön laella ja luiskissa suojageotekstiili asennetaan LLDPE-kalvon alapuolelle, ja kalvon päällä on salaojamatto ennen kalliomursketta ja pintamaakerrosta. Hakemukseen liitetyn työselostuksen mukaan InfraRYL:n ohjeiden mukaan pyöräkoneilla liikuttaessa suojakerrosta olisi oltava kalvon tai salaojamaton päällä vähintään 1000 mm. Hakija on hakemuksen täydennyksessä kuitenkin todennut, että InfraRYL:ssä esitetyt vaatimukset suojakerroksen paksuudesta eivät huomioi rakenteessa käytettävien suojageotekstiilien vaikutusta.

Työnaikainen työkonoiden kuormitus rakenteen päällä on tilapäistä ja toteutetaan välttämättömin toimenpitein mahdollisimman varoen ja mahdollisimman kevyillä työkoneilla, eikä valmiin pintamaakerroksen päällä ole lähtökohtaisesti tarvetta liikkua yhtä raskailla työkoneilla ja muutoinkin myöhempää liikkumista alueella työkoneilla tulee välttää. Aluehallintovirasto arvioi, että työnaikainen kalvon vaurioituminen työkonoiden kuorman vaikutuksesta voidaan todennäköisesti ehkäistä noudattamalla hakemuksen mukaista suojakerrospaksuutta ja välttämällä hakemuksen mukaisesti tarpeetonta liikkumista raskailla koneilla rakenteen päällä sekä varmistamalla muutoin huolellinen rakentamistapa. Edempänä sanotusti kalvon yläpuolisen suojakerroksen paksuudella on kuitenkin olennainen ja merkittävä vaikutus peittorakenteen luotettavuuteen ja toimivuuteen rakentamisvaiheen jälkeen hyvin pitkällä aikavälillä, mikä on otettu asian ratkaisussa huomioon.

Ympäristönsuojelulain 20 §:n mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavassa toiminnassa on periaatteena, että 1) menetellään toiminnan laadun edellyttämällä huolellisuudella ja varovaisuudella ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi sekä otetaan huomioon toiminnan aiheuttaman pilaantumisen vaaran todennäköisyys, onnettomuusriski sekä mahdollisuudet onnettomuuksien estämiseen ja niiden vaikutusten rajoittamiseen (*varovaisuus- ja huolellisuusperiaate*); ja 2) noudatetaan ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoituksenmukaisia ja kustannustehokkaita eri toimien yhdistelmiä (*ympäristön kannalta parhaan käytännön periaate*).

Aluehallintovirasto toteaa, että ympäristönsuojelulaissa säädetty ja oikeuskäytännössäkin laajasti hyväksytty varovaisuusperiaate sekä edellä sanotut perusteet huomioon ottaen sivukivialueen KL2 hakemuksen mukaisen peittorakenteen toimivuuteen ja riittävyys ympäristön pilaantumisen vaaran ehkäisemiseksi hyvin pitkälläkin aikavälillä jää epävarmuuksia ja riskejä. Kalvon vaurioitumisriskin pienentämisellä paksuntamalla kalvon päällä olevan maakerrosta on keskeinen merkitys peittorakenteen pitkäaikaisen toimivuuden ja ympäristön pilaantumisen vaaran ehkäisemisen sekä riskien ennalta ehkäisemisen kannalta. Aluehallintovirasto arvioi tämän johdosta, että hakijan esittämää peittorakennetta ei ole mahdollista hyväksyä hakemuksen mukaisena tiivisrakenteen yläpuolisen pintamaakerrospaksuuden osalta.

Roudan syvyys on Kainuussa avoimella alueella ulottunut enimmillään 10 cm:n päähän hakemuksessa esitetyn peittorakenteen kuivatus- ja tiiviskerroksesta. Vaikka ilmastomuutoskenaarioiden mukaan on mahdollista, että routiminen vähentyy tulevaisuudessa lämpötilojen noustessa, on myös mahdollista, että lumipeitteen vähentyessä routa ulottuu vähintään yhtä syväälle kuin aiemmin. Jäätymis-sulamissykliä ulottuminen lähelle peittorakenteen toiminnan kannalta keskeisintä rakennekerrosta lisää riskiä itse rakenteen vaurioitumisesta sekä veden ja hapen kulkeutumisesta kalvon läpi yläpuolisten maakerrosten mahdollisen rakoilun seurauksena. Hakemuksessa on todettu, että jäätymis-sulamissykliä ei tiedetä vaikuttavan merkittävässä määrin LLDPE-kalvon tiiveysominaisuuksiin, ja että tehtyjen havaintojen perusteella routa ei ulotu ainakaan vuosittain kalvoon asti. Aluehallintovirasto toteaa kuitenkin, että rakenteen mahdollinen jäätyminen ja sulaminen saattaa pahentaa kalvossa jo mahdollisesti olevia vaurioita, ja roudan vaikutuksien osalta rakenteen toimivuuteen jää epävarmuutta esitetyllä suojakerrospaksuudella.

Pintamaakerros on hakemuksessa esitetty rakennettavaksi 500 mm:n paksuisena kerroksena kitkamaista ja tarvittaessa turpeesta kasvittumisen edistämiseksi. Hakemuksen mukaan peittorakenteen pintamaakerros on suunniteltu sen verran ohueksi ja niukkaravinteiseksi, että se suosii matalajuuristen kasvien kasvua. Kasvittaminen tehdään matalajuurisilla kasveilla ja puustoa poistetaan tarvittaessa määrävälein. Aluehallintovirasto arvioi, että kasvukerrokseen voi kuitenkin levitä syvempijuurista kasvillisuutta myös luontaisesti alueen lähiympäristöstä. Hake-

muksessa on mainittu erään koerakenteen avaus ja todettu, että männyn pääjuuri kasvoi pintakerroksessa sivusuuntaan eikä koerakenteen HDPE-kalvossa ollut reikiä. Yksittäisestä ja suhteellisen lyhyen aikaa kentällä olleen koerakenteen avauksesta ei kuitenkaan voida luotettavasti päätellä, että sivukivialueelle KL2 kasvavan kasvillisuuden juuristolla ei olisi mahdollisia haittavaikutuksia LLDPE-kalvoon esitetyillä pinta- ja pintamaakerroksilla. Hakemuksessa esitetty pintamaakerros on aluehallintoviraston näkemyksen mukaan suhteellisen ohut, minkä vuoksi on mahdollista, että kasvien juuristo voi paikoitellen yltää tiivis-kerrokseen asti. Juuristo voi heikentää salaojamatonta toimintaa ja pahentaa LLDPE-kalvossa jo mahdollisesti olevia vaurioita. Kasvillisuuden juuriston mahdollisesti aiheuttamia vaurioita pystyttäisiin tarkkailulla tehokkaasti havaitsemaan vielä satojen vuosien päästä. Ottaen huomioon, että kalvorakenteen toimivuus suunnitellulla tavalla tulee varmistaa erittäin pitkäksi aikaa, peittorakenteen on oltava lähtökohtaisesti niin paksu, että kasvukerrokseen leviävien runsas- ja syväjuuristenkin kasvien aiheuttama haitta rakenteen toimivuudelle jää vähäiseksi ja epätoennäköiseksi.

Näin ollen aluehallintovirasto on määrännyt, että kalvorakenteen päällä oleva suojakerros on toteutettava hakemuksessa esitettyä paksumpana. Paksumpi 800 mm:n pintamaista koostuva suojakerros lisää suojavaikutusta routimis-sulamissykliä sekä pintamaakerrokseen kasvavan kasvillisuuden juuriston haittavaikutuksilta ja vähentää muista ulkoisista kuormituslähteistä aiheutuvien vaurioiden riskiä. Edellä todetusti sivukivialueen peittorakenteessa on kyse hyvin pitkäaikaisesta rakenteesta, jonka toimivuudesta on voitava varmistua riittävällä luotettavuudella erittäin pitkällä aikavälillä, myös kaivostoiminnan kokonaan loppumisen jälkeen. Sivukivitäytössä suotovesien muodostumisen uudelleen käynnistyminen on mahdollista satojen vuosien ajan.

Varovaisuusperiaate huomioon ottaen aluehallintovirasto on määrännyt LLDPE-kalvon yläpuolelle tulevan suojakerroksen rakennettavaksi 300 mm paksumpana kuin hakemuksessa on esitetty, jolloin LLDPE-kalvon ja salaojamatonta päälle tulevan suojaavan mineraalisen kerroksen paksuus on yhteensä 1000 mm. Pintamaakerroksen yläosassa voidaan käyttää kitkamaiden lisäksi turvetta, joka parantaa kasvittumista.

Kalvon yläpuolelle suojakerrokseen määrätty lisäpaksuus arvioidaan riittäväksi luvan myöntämisen edellytysten täyttymiseksi ja parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamiseksi peittorakenteessa.

Aluehallintovirasto tuo tässä yhteydessä esille vertailun vuoksi Pohjois-Suomen aluehallintoviraston 20.12.2022 antaman Pyhäsalmi Mine Oy:n Pyhäsalmen kaivoksen toimintaa koskevan lupapäätöksen nro 166/2022, jonka lupamääräysten 36 ja 37 mukaisesti suljettavien rikastushiekka-altaiden B ja D päälle on määrätty rakennettavaksi seuraava pintarakenne:

- vähintään 500 mm:n paksuinen tiivistyskerros mahdollisimman tiiviiksi tiivistetystä hienoainesmoreenista, jonka vedenläpäisevyys optimitiiveysasteessa on enintään 5×10^{-9} m/s
- vähintään 900 mm paksuinen pintakerroksen alaosa hienoainesmoreenista
- vähintään 100 mm paksuinen kasvukerros, joka on kasvitettava viipymättä.

Yllä mainittu pintarakenne on päätöksessä määrätty Pyhäsalmi Mine Oy:n hakemuksesta poiketen huomattavasti paksummaksi. Rakenteen paksuutta tiivistyskerroksen yläpuolella on perusteltu päätöksessä muun muassa seuraavasti: *"Sulkemisrakenteille annetut vaatimukset on asetettu siten, että toiminnasta ei ennalta arvioiden pitkään ajan kuluttua sen loppumisesta aiheudu pilaantumista. Rakenne on keskeinen rikkipitoisten mineraalien hapettumisen ja metallien liukemisen rajoittamisessa sekä merkittävä tekijä likaantuneiden suotovesien määrän vähentämisessä. Pintarakenne ei ole kuitenkaan täysin vesitiivis, joten toiminnassa tulee muodostumaan aktiivista käsittelyä edellyttäviä suotovesiä vuosien ajan. Vastaavasti myös suotovesien pumpaukset ja suojapumppaukset tulee olla käytössä sulkemisvaiheessa ja myös jälkihoitovaiheen alkuaikana."* - - *"Runsasrikkisen rikastushiekan laatu huomioon ottaen jätealueiden sulkemisrakenteeksi on määrätty hakemusta paksumpi tiivistyskerros, joka tehokkaasti vähentää suotovesimäärää."* - - *"Sulkemisrakenteen on toimittava huoltovapaana satoja vuosia. Koko rakenteen routiminen löyhentää moreenia ja voi lisätä hapen kulkeutumista rakenteen läpi. Näin ollen rakenteen toteuttamisessa on olennaista, että alempi tiivistysrakenne on pääosin routarajan alapuolella. Tämän vuoksi rakenteen kokonaispaksuutta on määräyksellä lisätty hakemuksessa esitetystä."* Vaasan hallinto-oikeus on päätöksellään 6.8.2024 nro 952/2024 hylännyt aluehallintoviraston päätöksestä tehdyn valituksen eikä ole muuttanut pääasiaratkaisua. Sulkemisrakenteen riittävyys on ollut asian yhtenä valitusperusteena. Aluehallintoviraston päätös nro 166/2022 on tullut lainvoimaiseksi 14.4.2025 korkeimman hallinto-oikeuden hylättyä valituslupahakemuksen.

Ottaen huomioon myös yllä mainitun päätöksen perustelut aluehallintovirasto on määrännyt tässä päätöksessä sivukivialueen KL2 peittorakenteeseen vastaavan paksuisen 1000 mm:n suojakerroksen, jonka arvioidaan olevan riittävä suojaamaan alapuolista tiivistysrakennetta muun muassa routimiselta.

Sivukivialueen peittorakennetta on käytännössä mahdollista korjata tai täydentää myöhemmin, jos rakenteeseen tulee vaurioita tai sen havaitaan toimivan suunniteltua heikommin. Sivukivialueen sulkemisen ja peittorakenteen periaatteet on kuitenkin ratkaistu tässä päätöksessä siitä lähtökohdasta, että rakenne, jolle luvan myöntämisen edellytykset tutkitaan, on pysyvä. Näin ollen hyväksytyn rakenteen toimiessa suunnitellulla ja luvan mukaisella tavalla ei lähtökohtaisesti aiheudu ympäristön pilaantumista tai ympäristön pilaantumisen vaaraa ja siitä johtuvaa tarvetta peittorakenteen merkittävään korjaamiseen myöhemmässä vai-

heessa. Suojakerrospaksuuden kasvattaminen ei poista kokonaan kalvon vaurioitumisen riskiä eikä muuta sitä tosiseikkaa, että kalvon käyttöikä ja vedenpitävyys heikentyy ja loppuu väistämättä joskus käytetyn kalvon paksuudesta riippumatta, mutta paksummalla suojakerroksella voidaan sen sijaan merkittävästi vähentää rakenteen vaurioitumisen ja ympäristön pilaantumisen riskiä niin sivukivialueen sulkemisen alkuvaiheessa kuin sulkemisen jälkeen pitkällä aikavälillä.

Aluehallintovirasto arvioi ennalta, että tämän päätöksen mukaisella peittorakenteella sivukivialueesta KL2 ei sen sulkemisen jälkeen todennäköisesti aiheudu ympäristön merkittävää pilaantumista tai sen vaaraa.

Peittorakenteen toimivuuden varmistamiseksi rakennetta tulee tarkkailla hyväksytyn tarkkailuohjelman ja tämän päätöksen mukaisesti pitkään sulkemisen jälkeen.

Sivukivialueella KL2 on suljettu vuonna 2024 noin 9 hehtaarin alue lähes valmiiksi hakemuksessa esitetyllä peittorakenteella, jossa pintamaakerros on 300 mm ohuempi kuin tässä päätöksessä määrätty. Aluehallintovirasto toteaa, että peittorakenteella jo suljetulle alueelle tämän päätöksen mukaisen lisämaakerroksen asentaminen välttämättömillä työkoneilla voi aiheuttaa ylimääräistä riskiä alapuolisen tiiviskerroksen kalvorakenteen vaurioitumiselle. Tarpeetonta liikkumista työkoneilla valmiin peittorakenteen päällä on myös lupamääräyksellä tässä päätöksessä määrätty vältettäväksi. Lisämaakerroksen asentaminen sivukivikasan pitkille luiskille voi olla myös työturvallisuuden kannalta vaikeaa toteuttaa. Nämä riskit huomioon ottaen aluehallintovirasto arvioi, että suljetun 9 hehtaarin alueen jättäminen hakemuksessa esitetylle peittorakenteelle ei aiheuta merkittävää ympäristön pilaantumisen vaaraa koko KL2 sivukivialueen sulkemisen 200 hehtaarin mittakaavassa. Näin ollen vuonna 2024 jo suljetut alueet sivukivialueella KL2 voidaan jättää ohuemmalle pintamaakerrokselle.

Päästöt ja vaikutukset pintavesiin

Sivukivialueelta KL2 kertyvät suotovedet, tiiviin pohjarakenteen alapuoliset vedet sekä likaantuneet hulevedet johdetaan sivukivialueen sulkemisen jälkeen käsittelyyn tai prosessikiertoon nykyisellä tavalla niin kauan kuin on tarvetta. Sivukivialueen sulkemisen jälkeenkin vain puhtaita vesiä voidaan johtaa ympäristöön. Sivukivialueen sulkemisesta ei ennalta arvioiden aiheudu lisäpäästöä vesistöön verrattuna nykyiseen tilanteeseen. Aluehallintovirasto on antanut sivukivialueelta johdettavien eri vesijakeiden osalta tarvittavat määräykset pilaantumisen ehkäisemiseksi.

Sivukivialueen KL2 sulkemisen jälkeen peittorakenteen päältä tulevat sade- ja sulamisvedet johdetaan laskeutusaltaisiin, joista ne voidaan johtaa puhtaina vesistöön tai tarvittaessa vesienkäsittelyyn. Peitetyltä sivukivialueelta kertyvät puhtaat hulevedet johdetaan laskeutusaltaista Talvijoen ja Tuhkajoen suuntaan noin 200 hehtaarin alueelta. Pintavesien johtaminen kasvattaa Talvijoen valuma-aluetta ja virtausmäärää 5 % ja Tuhkajoen 0,4 %.

Peittorakenteen pintamaakerroksessa käytetään hakijan mukaan ainoastaan puhtaita maamassoja. Maamassojen puhtauden varmistamiseksi aluehallintovirasto on määrännyt, että pintamaakerroksessa käytettävien maa-ainesten haitallisten aineiden pitoisuuksien on alitettava valtioneuvoston asetuksen (214/2007) liitteen mukaiset alemmat ohjearvot. Puhtaista maa-aineksista ei näin ollen ennalta arvioiden aiheudu vesistöön merkittävää haitallisten aineiden kuormitusta peittorakenteen päältä johdettavien vesien mukana.

Puhtaiden vesien tavoitepitoisuudet ja hakijan perustelut

Hakemuksessa on esitetty, että sivukivialueen peittorakenteen päältä kertyvät sade- ja sulamisvedet voitaisiin johtaa vesistöön, kun vesien pitoisuudet ovat seuraavien raja-arvojen mukaisia tai pienempiä: nikkeli 100 µg/l, sinkki 500 µg/l, uraani 10 µg/l ja sulfaatti 200 mg/l. Pitoisuusarvot on esitetty hakemuksessa tavoitepitoisuuksina.

Aluehallintovirastolla on ollut käytettävissä asiakirjat samanaikaisesti vireillä olleesta ja samanaikaisesti aluehallintoviraston ratkaisemasta sivukivialueen KL1 sulkemista ja peittorakennetta koskevasta hakemuksesta (PSAVI/9228/2024). Kyseisessä hakemuksessa Terrafame Oy on esittänyt KL1:n peittorakenteen yläpuolisille ja pohjarakenteen alapuolisille vesille samoja tavoitearvoja vesistöön johdettaessa. Terrafame Oy on perustellut kyseisiä pitoisuuksia seuraavasti (hakijan selitys Järvi-Suomen kalatalouspalveluiden antamaan lausuntoon asiassa PSAVI/9228/2024):

”Tavoitepitoisuuksien suhteen Terrafame toteaa, että Terrafamen esittämät tavoitepitoisuudet peittorakenteen päältä tuleville hulevesille ja pohjarakenteen alapuolisille luontoon johdettaville vesille perustuvat yhtiön sulkemisen jälkeiseen tavoitteeseen, että alapuolisten vesistöjen ekologinen tila säilyy samana kuin ennen toiminnan aloittamista ja että niiden kemiallinen tila ei merkittävästi muutu. Alapuolisissa vesistöissä aineiden pitoisuudet pyritään pitämään tasolla, jossa vesipuidedirektiivin (2000/60/EY) mukaiset valtioneuvoston asetuksessa 1022/2006 esitetyt vaarallisten ja haitallisten aineiden laatuunormit eivät ylitä. Suomen ympäristökeskus on esittänyt uusista asetukseen lisättävistä aineista kuten sinkin ja sulfaatin osalta raja-arvoja. Terrafame katsoo, että yhtiön esittämät tavoitepitoisuudet ovat linjassa Suomen ympäristökeskuksen esityksen kanssa. Terrafame korostaa, että ympäristöön johdettavien pinta- ja rakenteiden alapuolisia vesiä tarkkaillaan ja nämä mahdollisesti johdetaan yhtiön vesienkäsittelyyn, jos tavoitepitoisuudet eivät alitu.

[...] Terrafame toteaa pH:n raja-arvon osalta, että yhtiön pH-tason tavoitteena on, että vesimuodostumien fysikaalis-kemiallinen tilaluokka säilyy vähintään ennen toiminnan aloittamista valinneella tasolla.”

Lupapäätöksessä nro 87/2022 annetut määräykset koskien likaantumattomia vesijakeita ja niiden johtamista:

Terrafame Oy:n Sotkamon kaivos- ja metallituotantoa koskevassa täytäntöönpanokelpoisessa ympäristö- ja vesitalousluvassa nro 87/2022 on

annettu määräys puhtaiden sade-, sulamis- ja valumavesien erottamisesta likaantuneista vesistä, vesien johtamisesta ja vesien likaantumattomuuden osoittamisesta sekä likaantuneiden vesien johtamisesta. Päätöksen lupamääräykset 11 ja 12 kuuluvat seuraavasti:

”11. Toiminta-alueella muodostuvat puhtaat sade-, sulamis- ja valumavedet ja muut vedet, joista ei aiheudu päästöjä tai ympäristön pilaantumisen vaaraa, on erotettava likaantuneista vesistä ja johdettava ojituksilla, viemäreillä tai kanaaleilla vesienkäsittelyjärjestelmien ohi vesistöön, noroon, ojaan tai maastoon.

Kyseisten vesien likaantumattomuus on tarvittaessa osoitettava vedenlaatuselvityksin ja -mittauksin Kainuun ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla.

12. Kaivannaisjätteiden jätealueiden, kaatopaikkojen ja pintamaiden läjitysalueiden likaantuneet suoto- ja valumavedet, Kuusilammen avolouhoksen kuivanapitovedet, tehdastoimintojen prosessijätevedet, tehdasalueen ja muiden alueiden likaantuneet hulevedet, ensimmäisen ja toisen vaiheen liuotusalueiden ympäriltä ja muilta alueilta kerättävät pohjaveden suojapumppausvedet sekä muut toiminnan seurauksena likaantuneet vedet on palautettava prosessivedeksi, johdettava liuoskiertoon tai käsiteltäväksi keskuspuhdistamolla ja/tai muissa vesienkäsittely-yksiköissä.”

Aluehallintovirasto toteaa, että yllä mainitut lupamääräykset 11 ja 12 huomioon ottaen tässä sivukivialueen KL2 sulkemista koskevassa päätöksessä ei ole tarpeen antaa tarkempia määräyksiä tai erillisiä tavoite- tai raja-arvoja peitetyltä sivukivialueelta vesistöön johdettaville puhtaille vesijakeille. Ottaen huomioon, että koko toimintaa koskevan pääluvan muutoksenhaku on vireillä korkeimmassa hallinto-oikeudessa, erillisten laatuksien asettaminen tässä päätöksessä sivukivialueelta johdettavien pintavesien osalta voisi johtaa myös valvonnan kannalta epäselvään tilanteeseen.

Kun sivukivialueen KL2 peittorakenteen päältä tulevien sade-, sulamis- ja muiden valumavesien osalta noudatetaan täytöntöönpanokelpoista lupapäätöstä nro 87/2022, vesistöön laskeutusaltaista johdettavien vesien likaantumattomuus on tarvittaessa pystyttävä osoittamaan vedenlaatuselvitysten ja -mittausten perusteella Kainuun ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla.

Aluehallintovirasto toteaa, että hakemuksessa esitetyt tavoitepitoisuudet ovat korkeita verrattuna vesistössä todettuihin pitoisuustasoihin tai käsiteltyjen jätevesien pitoisuusraja-arvoihin vesistöön johdettaessa. Aluehallintovirasto korostaa, että tällä päätöksellä on sallittu vain likaantumattomiksi todettujen vesien johtaminen vesistöön, eikä hakijan hakemuksessa esittämiä tavoitepitoisuuksia ole hyväksytty. Vesijakeiden likaantumattomuuden osalta peittorakenteen päältä tulevien vesien laatu tulee verrata vesistössä todettuihin pitoisuustasoihin sen varmistamiseksi, että johdettavat vedet eivät aiheuta ympäristön pilaantumista.

Kun laskeutusaltaista johdettavat vedet ovat ympäristöluvan nro 87/2022 lupamääräyksen 11 mukaisesti puhtaita, peittorakenteen päältä tulevat vedet eivät ennalta arvioiden aiheuta merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa Kivipurossa, Pirttipurossa, Talvijoen tai Tuhkajoessa tai niiden alapuolisessa vesistössä.

Vaikutus vesistön virtaamiin ja valuma-alueisiin

Sivukivialueen KL2 ympäristölupapäätöksen nro 76/2017/1 perusteella sivukivialueen rakentamisen seurauksena Talvijoen valuma-alue ja sen vuotuinen kokonaisvirtaama ovat pienentyneet alkuperäisestä noin 6,3 %. Kyseisen päätöksen mukaan sivukivialueen rakentamisen vaikutus Talvijoen virtaamaan on ennalta arvioitu vähäiseksi, ettei hanke ole tarvinnut vesilain mukaista vesitalouslupaa, ja valuma-alueen muutosta ei ole myöskään arvioitu niin suureksi, että sen seurauksena Talvijoen hydrologis-morfologinen tila muuttuisi olennaisesti. Lupapäätöksen mukaan sivukivialueen rakentaminen ei ole estänyt vesienhoitosuunnitelmien mukaisten tavoitteiden toteutumista.

Peittorakenteen päältä tulevien vesien ohjaaminen takaisin Talvijoen valuma-alueelle sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelman mukaisesti palauttaa valuma-aluetta lähemmäs alkuperäistä, sivukivialueen KL2 rakentamista edeltänyttä tilannetta. Puhtaiden pintavesien johtamisella ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta Talvijoen veden laatuun tai ekologiseen ja kemialliseen tilaan. Tuhkajoen osalta suljetun sivukivialueen puhtaiden pintavesien johtamisen vaikutukset jäävät vähäisiksi, eikä ennalta arvioiden sivukivialueen sulkemisella ole vaikutusta Tuhkajoen veden laatuun tai ekologiseen ja kemialliseen tilaan.

Vaikutus kaivoksen vesienhallintaan

Sivukivialueen KL2 sulkeminen pidemmällä aikavälillä vähentää prosessikiertoon tai käsittelyyn johdettavien happamien ja metallipitoisten suotovesien muodostumista sivukivitäytössä ja parantaa suotovesien laatua vähentämällä metallien liukenemista sivukivistä, jolloin kaivosalueella vapautuu kapasiteettia muiden huonolaatuisten vesien käsittelyyn. Hakemuksen perusteella vuotuinen suotoveden määrä kokonaan suljetulta sivukivialueelta KL2, kun peittorakenne läpäisee enintään 5 % vuosisadannasta, on noin 31 400 m³ vuodessa. Vuonna 2023 suotovesiä kerättiin sivukivialueelta KL2 noin 1,2 miljoonaa m³. Hakemuksessa on arvioitu, että jo 30 hehtaarin ollessa peitettyä sivukivialueella KL2 vähentäisi käsittelyä vaativien suotovesien määrä 180 000 m³ verrattuna vuoden 2023 tasoon. Kun peittorakenteen päältä tulevat vedet ovat hyvälaatuisia ja ne voidaan johtaa laskeutusaltaiden kautta vesistöön, ne eivät myöskään kuormita kaivoksen vesienhallintaa.

Aluehallintovirasto arvioi edellä sanotun perusteella, että sivukivialueen sulkeminen parantaa Sotkamon kaivos- ja metallituotannon vesienhallintaa ja vähentää kokonaisuutena vesistön pilaantumisen vaaraa.

Päästöt ja vaikutukset maaperään ja pohjavesiin

Sivukivialueen lohkoille 1–4 on rakennettu ympäristöluvan nro 76/2017/1 mukainen tiivis pohjarakenne, mutta pohjarakennevaatimuksia on tiukennettu jälkikäteen lohkon 5 osalta ympäristöluvassa nro 87/2022. Vaatimustason tiukentamista on perusteltu sivukivitäytössä muodostuvien suotovesien laadulla ja parhaan käytettävissä olevan tekniikan käyttämisellä ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi. Pohjarakenteen alapuoliset pohjavedet ovat tarkkailutulosten perusteella olleet happamia ja metallipitoisia. Tulosten perusteella ei kuitenkaan ole selvää, onko pohjarakenteen alapuolelle aiheutunut suotovesikuormitusta sivukivitäytöstä pohjarakenteen läpi vai johtuuko pohjavesien laatu kallioperän mustaliuskekontaktista.

Sivukivialueen KL2 sulkeminen vähentää happamien ja metallipitoisten suotovesien muodostumista sivukivitäytössä ja voi parantaa suotovesien laatua huomattavasti. Peittorakenteen rajoittaessa hapen ja veden kulkeutumista sivukivitäyttöön suunnitellulla tavalla heikkolaatuisten suotovesien muodostuminen sivukivialueella voi loppua jossain vaiheessa kokonaan. Näin ollen aluehallintovirasto arvioi ennakolta, että sivukivialueen KL2 sulkeminen vähentää jatkossa pohjavesien pilaantumisen riskiä, kun peittorakenne rakennetaan tämän päätöksen mukaisesti ja se toimii suunnitellulla tavalla.

Vesienhoitosuunnitelman huomioon ottaminen

Suljetun sivukivialueen KL2 pitoisuusraja-arvot täyttävien puhtaiden huilavesien johtamisella Talvijoen ja Tuhkajoen valuma-alueille ei hakeuksen perusteella ja ennalta arvioiden ole merkittävää vaikutusta Talvijoen tai Tuhkajoen tai niiden alapuolisen vesistön ekologiseen tai kemialliseen tilaan. Sivukivialueen KL2 sulkeminen ei muuta sivukivialueen suotovesien johtamista ja vesienkäsittelyä tai koko kaivos- ja metallituotantoa koskevia jätevesipäästöjä ja niiden päästöraja-arvoja, eikä niiltä osin tapahdu muutoksia vesienhoitosuunnitelman tavoitteiden toteutumiseen. Sivukivialueen sulkeminen kuitenkin vähentää suotovesien muodostusta ja pienentää käsiteltävien vesien määrää, parantaa Sotkamon kaivos- ja metallituotannon vesienhallintaa ja vähentää kokonaisuutena vesistön pilaantumisen vaaraa.

Tämän lupapäätöksen ja lupamääräysten mukaisesti toteutettuna sivukivialueen KL2 sulkeminen ei estä Oulujoen–lijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelman vuosille 2022–2027 tavoitteiden toteutumista eikä hidasta niiden saavuttamista.

Melu ja värinä

Sivukivialueen sulkemistöistä ei ennalta arvioiden aiheudu sellaista melua tai värinää, joka poikkeaisi sivukivialueen rakentamisen ja täytön aikaisesta melusta ja värinästä. Peittorakenteen rakentamisaikainen melu ja värinä ovat tilapäisiä, ja sulkemisirakenteiden valmistuttua sivukivialueella KL2 ei tehdä merkittävästi melua tai värinää aiheuttavia toimia.

Sulkemisen johdosta sivukivialueella toimimisesta ympäristöön aiheutuva melu ja tärinä sekä siitä mahdollisesti aiheutuva haitta vähenee.

Päästöt ilmaan ja vaikutukset ilmanlaatuun

Peittämättömästä sivukivialueesta KL2 voi aiheutua pölyämistä ja pölyhaittaa alueen lähiympäristössä. Sivukivialueen KL2 sulkeminen peittorakenteella vähentää ennalta arvioiden merkittävästi sivukivialueesta aiheutuvaa pölyämistä. Suljetun alueen kasvukerroksen kasvittaminen mahdollisimman nopeasti on tärkeää maa-aineksista aiheutuvan pölyämisen vähentämiseksi, mikä varmistetaan lupamääräyksillä. Sulkemistoimenpiteistä ja peittorakenteella suljetusta sivukivialueesta, joka on päätöksen mukaisesti kasvitettu, ei ennalta arvioiden aiheudu merkittävää pölyämistä ja siitä johtuvaa ympäristön pilaantumista, terveyshaittaa tai kohtuutonta rasitusta.

Vaikutukset luontoon ja suojeluarvoihin

Sivukivialueen KL2 sulkeminen ei hakemuksen perusteella vaikuta merkittävästi alueen ympäröivään luontoon ja suojeluarvoihin. Sivukivialueella KL2 todettu rotkokehräjäkälän rauhoitettu esiintymä jää hakemuksen mukaan nykyiselleen, eikä sulkemistoilla arvioida olevan vaikutusta rauhoitusalueeseen. Sulkemirakenteen toteuttamisen jälkeen alueelle pääsee palaamaan alueelle soveltuva kasvillisuus- ja eliölajisto. Tältä osin sulkemisella on positiivisia luontovaikutuksia nykytilanteeseen nähden. Lupamääräyksillä on pyritty edistämään luonnon monimuotoisuuden lisäämistä suljetun sivukivialueen alueella. Peittorakenteen kasvukerroksen kasvittaminen ja alueen maisemointi on mahdollista toteuttaa siten, että se hyödyttää pitkällä aikavälillä monipuolisesti eri eliölajeja.

Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)

Kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskeva vertailuasikirja ”Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries” (MWEI BREF) on julkaistu vuonna 2018. Hakemuksen perusteella sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelma noudattaa kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita.

Hakemuksen mukaan sivukivialueen KL2 peittorakenne on suunniteltu pohjautuen riskipohjaiseen arviointiin. Suunnitelman perusteella tavoitteena on happamien suotovesien muodostumisen estäminen pitkällä aikavälillä, joka minimoi pohjaveden ja maaperän pilaantumisen vaaran, puhtaiden pintavesien johtaminen hallitusti ympäristöön, sekä sivukivialueen sulkeminen turvallisuuskohdat huomioon ottaen. Hakijan arvio on, että sulkemirakenne on suunniteltu toimialaa koskevien parhaiden käytänteiden mukaisesti asianmukaisen riskipohjaisen arvioinnin pohjalta.

Kaivannaisjätteiden hallinnan BAT-päätelmä 38 koskee kaivannaisjätteiden sijoitusalueiden peittämistä. Päätelmässä on kuvattu kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittämiseen liittyviä tekniikoita pohjaveden laadun

heikkenemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi. BAT-päätelmän tekniikoilla voidaan lisätä kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyt- ja pitkäaikaista vakavuutta sekä vähentää jätealueiden hajuhaittoja sekä päästöjä pintavesiin ja ilmaan, kuten pölypäästöjä. Valittava tekniikka riippuu läjitettävän jätteen laadusta.

BAT-päätelmä 38a koskee kaivannaisjätteiden jätealueiden vaiheittaista sulkemista. Sivukivialue KL2 on otettu ensimmäisiltä osin käyttöön vuonna 2017 ennen kaivannaisjätteitä koskevien BAT-päätelmien julkaisemista. Sivukivialue KL2 on täytynyt kokonaan, kunnes sen sulkemistoimenpiteet on kesällä 2024 aloitettu ensimmäisestä rakennusvaiheesta. Sulkemisen aloittaminen vasta sivukivialueen tultua täyteen ei vastaa BAT-päätelmän tarkoitusta vaiheittaisesta sulkemisesta jo kaivannaisjätteen jätealueen toiminnan aikana. Hakemuksen mukaan Terafame Oy on kehittänyt ja kehittää sulkemiskäytäntöjä toiminnan aikana, ja hakemuksessa esitettyyn sulkemisratkaisuun on haettu kokeimuksia pohja- ja pintarakenteita koskevista koeluonteisista toiminnoista, joista osa on vielä meneillään. Vaiheittainen sulkeminen BAT-päätelmän mukaisesti toteutuu paremmin sivukivialueella KL1, jossa ympäristöluvan mukaisesti täyteen tulleita alueita on suljettava samanaikaisesti sivukivialueen täyttämisen kanssa.

Hakemuksessa esitetty peittorakenne on BAT-päätelmän 38e mukainen useista toiminnallisista kerroksista koostuva rakenne, joka rajoittaa hapen ja sadeveden kulkeutumista kaivannaisjätteeseen. BAT-päätelmän mukaan tekniikassa kuvattujen peittokerrosten käytettävyyden riippuu useista tekijöistä, kuten kohteen sijainnista ja sääolosuhteiden kausiluontoisesta vaihtelusta (esim. routa-/sulamisjaksojen tai märkien/kuivien kausien vaihtelu) sekä peittomateriaaleina käytettävien materiaalien ominaisuuksista ja saatavuudesta. Peittorakenteen toimivuus voi heikentyä ajan myötä tiiviskerroksen rakoilun seurauksena. Rakoilua voivat aiheuttaa esim. eroosio, routa, kuivuminen, epätasainen painuminen, juurien tunkeutuminen kerrokseen sekä eläinten tai ihmisten aiheuttamat häiriöt rakenteeseen. Rakoilua voi lisätä myös alhaisen vedenläpäisevyyden kerroksen kuivattaminen, joka voi johtaa hapen kulkeutumisen lisääntymiseen kaivannaisjätteeseen. BAT-päätelmässä esiin nostetut seikat on otettu huomioon peittokerrosta koskevassa luparatkaisussa ja lupamääräyksiä annettaessa.

BAT-päätelmän 38e mukaan rakenteessa käytetyn läpäisemättömän kerroksen vedenjohtavuuden tulee olla pienempi kuin 10^{-9} m/s. LLDPE-kalvo on käytännössä vesitiivis, joten se saavuttaa päätelmissä mainitun vedenläpäisevyydystason. Kalvossa ei myöskään tapahdu mineraalirakenteille tyypillistä kuivumista, rakoilua tai eroosiota. Lupamääräyksillä voidaan lisäksi ehkäistä kalvon vaurioitumisriskiä, jotta rakenteen vedenläpäisevyys pysyy mahdollisimman alhaisena. BAT-päätelmän 38c mukaisesti sivukivialueen KL2 kasvukerrokseen kylvetään matalajuurista kasvillisuutta alla olevan tiiviskerroksen rikkoontumisen ehkäisemiseksi.

BAT-päätelmän 38e mukaan läpäisemättömän ja alhaisen virtaaman kuivapeiton paksuus voi vaihdella 0,5 metristä 3 metriin. Hakemuksessa esitetty rakenne, jossa kalvon ja salaojamaton päällä olisi 0,7 metriä peittokerrosta, on lähellä BAT-päätelmän mukaista minimipaksuutta. Ottaen huomioon sivukivialueelle KL2 läjitetyn sivukiven laatu ja vaaraominaisuudet sekä edempänä esitetyt perustelut roudan ja kasvillisuuden mahdollisesti aiheuttamista riskeistä, lupamääräyksellä on varmistettu, että sivukivialueella KL2 peittokerros rakennetaan hakemuksessa esitettyä paksummaksi.

BAT-päätelmän 38e mukaan jälkihoitovaiheessa peittorakenteen toimintaa seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin on tarpeellista. Hakemuksen mukaan suljetun sivukivialueen KL2 tarkkailu sisällytetään Sotkamon kaivoksen ja metallituotannon tarkkailuohjelmaan, ja tarkkailua jatketaan niin kauan kuin on tarpeen.

Maaperään ja pohjavesiin kohdistuvia päästöjä seurataan ja tarkkaillaan BAT-päätelmän 40 mukaisesti. BAT-päätelmän 40 mukaan sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa tulee jatkaa tarkkailun toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sivukivialueen KL2 suotovedet kerätään ja johdetaan prosessikiertoon, käsittelyyn tai louhosjärveen sivukivialueen sulkemisen jälkeen, ja peittorakenteen päältä tulevat puhtaat hulevedet johdetaan laskeutusallaskäsittelyn kautta vesistöön. Sivukivialue maisemoidaan kasvittamalla kasvukerros. Mahdollisesti myöhemmin tarvittavia passiivisia vesienkäsittelymenetelmiä ja vesienjohtamisjärjestelyitä sivukivialueelta KL2 kertyvien vesien osalta selvitetään hakemuksen mukaan tarkemmin Kuusilammen avolouhoksen yksityiskohtaisen sulkemissuunnittelun yhteydessä. Hakemuksen perusteella toiminta on BAT-päätelmien 42, 43, 45, 46, 47 ja 48 mukaista, niiltä osin kuin päätelmät ovat sovellettavissa sivukivialueelle KL2.

Sivukivialueen KL2 peittorakenne ja sulkemissuunnitelma on kokonaisuutena kaivannaisjätteiden hallintaa koskevien parhaiden käyttökelpoisten tekniikoiden ja BAT-päätelmien mukainen, kun sulkeminen toteutetaan suunnitelman ja tämän päätöksen mukaisesti.

Kaivannaisjätteen jätealuetta koskeva vakuus

Ympäristönsuojelulain 59 § (490/2022) edellyttää, että jätteen käsittelytoiminnan harjoittajan on asetettava vakuus asianmukaisen jätehuollon, tarkkailun ja toiminnan lopettamisessa tai sen jälkeen tarvittavien toimien varmistamiseksi. Ympäristönsuojelulain 60 §:n mukaisesti vakuuden on oltava riittävä 59 §:ssä tarkoitettujen toimien hoitamiseksi ottaen huomioon toiminnan laajuus, luonne ja toimintaa varten annettavat määräykset.

Kaivannaisjätteistä annetun valtioneuvoston asetuksen 10 §:n (102/2015) mukaisesti kaivannaisjätteen jätealuetta koskevan vakuuden

määrän arvioinnissa on sen lisäksi, mitä ympäristönsuojelulain 60 §:ssä säädetään, otettava huomioon jätealueen luokitus, sijoitetun jätteen ominaisuudet, maa-alueen tuleva käyttö ja muut asetuksen liitteessä 5 mainitut seikat. Lisäksi on otettava huomioon, että vakuudella katettavat toimet arvioi tai tekee muu kuin toiminnanharjoittaja tai viranomainen.

Lupapäätöksessä nro 87/2022 määrätty kaivannaisjätevakuus

Sotkamon kaivos- ja metallituotannon täytöntöönpanokelpoisen, vailla lainvoimaa olevan ympäristölupapäätöksen nro 87/2022 lupamääräyksessä 196 on määrätty luvan saaja asettamaan jätteen käsittelytoiminnan vakuus, jonka suuruus on yhteensä 324 100 000 euroa. Vakuus muodostuu seuraavasti:

	Vakuus, euroa (sisältää ALV 24 %)
Kaatopaikkojen sulkeminen	
- Kipsisakka-altaat 1–3, 131,3 ha	39 400 000
Kaivannaisjätteen jätealueiden sulkeminen	
- Sivukiven läjitysalue KL 2, 171,2 ha	51 400 000
- Toisen vaiheen liuotusalue lohkot 1–4, 298,2 ha	89 500 000
- Ensimmäisen vaiheen liuotusalue lohkot 1–4 ja lohkojen 2 ja 3 laajennusosa, 214,2 ha	64 300 000
Sulkemisen yleis- ja muut kustannukset	41 000 000
Kaivannaisjätteen jätealueiden suotovesien käsittely sulkemisen ja jälkihoitovaiheen aikana	20 000 000
Alueella jo olevien vesien käsittelyssä muodostuneiden ja kaivosalueella oleviin altaisiin sijoitettujen, vesistöihin kulkeutuneiden tai altaissa ja vesistöissä saostuneiden sakkojen sekä pilaantuneiden maiden käsittelyn varmistamiseksi (yhteensä 1 600 000 m ³)	14 000 000
Kaivannaisjätteiden jätealueiden ja kaatopaikkojen jälkihoidon aikainen tarkkailu	1 000 000
Kaivannaisjätteiden jätealueiden toiminnan seurauksena pilaantuneen maaperän kunnostaminen	3 500 000

Vakuus on määrätty tarkistettavaksi vuosittain tammikuun aikana. Vakuuden on tuolloin vastattava käytössä olevien ja samana vuonna käytöön otettavien kaatopaikkojen, kaivannaisjätteen jätealueiden ja liuotusalueiden sekä vesienkäsittelysakkojen varastointialueiden pinta-aloja sekä muita vakuuteen laskettuja toimenpiteitä.

Luvan saaja on määrätty huolehtimaan, että vakuus on aina voimassa. Vakuutta tarkistetaan seuraavan taulukon mukaisesti:

	Vakuus (sisältää ALV 24 %)
Sivukivialue KL2	30 €/m ²
Toisen vaiheen liuotusalueen lohkojen 5–8 alapuolinen sivukivialue	30 €/m ²
Toisen vaiheen liuotusalueen lohkot 1–4	30 €/m ²
Toisen vaiheen liuotusalueen lohkot 5–8	30 €/m ²
Kipsisakka-altaat	30 €/m ²
Ensimmäisen vaiheen liuotusalueen lohkot 1–4	30 €/m ²
Ensimmäisen vaiheen liuotusalueen lohkojen 2 ja 3 laajennusosa	30 €/m ²
Ensimmäisen vaiheen liuotusalueen lohkot 5–6	30 €/m ²

Täytöntöönpanokelpoisessa ympäristöluvassa määrätty vakuus sisältää siten sivukivialueen KL2 osalta sivukivialueen sulkemisen päätöksen antoajankohtana käytössä olleiden lohkojen 1–4 (171,2 hehtaaria) alalta, sulkemisen yleis- ja muita kustannuksia, suotovesien käsittelyn sulkemisen ja jälkihoitovaiheen aikana sekä jälkihoidon aikaisen tarkkailun. Vakuuden tarkistamismääräyksellä yksikköhinnalla 30 euroa/m² on varmistettu, että vakuus vastaa koko ajan käytössä olevia kaivannaisjätteen jätealueita ja siihen huomioidaan myös sivukivialueella KL2 käyttöön otettava lohko 5. Kaivannaisjätteen jätealueiden vakuus on määrätty huomattavasti korkeampana kuin Terrafame Oy:n alkuperäinen esitys. Vakuutta on korotettu sulkemissuunnittelun keskeneräisyyden, sulkemisorakenteisiin ja kustannuksiin liittyvän epävarmuuden, sijoitettavan jätteen laadun ja ympäristönsuojelulain mukaisen varovaisuusperiaatteen johdosta.

Päätöksen nro 87/2022 perusteluiden mukaan päätöksessä määrättyllä ympäristönsuojelulain mukaisella vakuudella varmistetaan kaivoksen jätealueiden (kaivannaisjätteen jätealueet) ja metallien talteenottolaitoksen kaatopaikkojen asianmukainen sulkeminen ja jälkihoito niin, että ympäristön pilaantumisen vaaraa vähennetään merkittävästi myös pitkällä aikavälillä. Määrätyt vakuudet muodostuvat jätealueiden ja kaatopaikkojen pintarakenteiden rakentamisen arvioituista yksikkökustannuksista (€/m²) ja erikseen määrättyjen osakokonaisuuksien toteuttamisen edellyttämistä arvioituista kokonaiskustannuksista.

Ympäristölupa on myönnetty määräaikaisena. Luvan saaja on määrätty toimittamaan nykyistä yksityiskohtaisempi sulkemissuunnitelma ja siihen perustuva vakuuslaskelma hakemusasiana aluehallintovirastolle.

Lupamääräyksen 196 mukaan luvan saaja voi hakea aluehallintovirastolta vakuuden vapauttamista joko kokonaan tai osittain ympäristönsuojelulain 61 §:ssä säädetyin edellytyksin. Vakuus vapautuu vasta, kun aluehallintoviraston päätös on tullut lainvoimaiseksi.

Hakijan esitys sivukivialueen KL2 kaivannaisjätevakuudesta

Terrafame Oy on esittänyt tässä hakemuksessa sivukivialueen KL2 sulkemista koskien, että sivukivialueen KL2 sulkeminen sisältyy päätöksen nro 87/2022 lupamääräyksen 196 mukaisesti nykyiseen vakuuteen. Hakemuksen mukaan sivukivialueelle KL2 on asetettu vakuutta noin 208 hehtaarin pinta-alalle yksikkö hinnalla 30 euroa/m² yhteensä 62 425 000 euroa. Terrafame Oy:n arvion mukaan yksikkö hinta on nykyisen kustannusarvion mukaisesti riittävä sivukivialueen KL2 sulkemiseksi. Vuonna 2024 sivukivialueella KL2 yhdeksän hehtaarin alueella tehdyissä peittorakenteen rakentamistöissä toteutunut kustannustaso oli hakijan mukaan 22,77 euroa/m² (alv 0 %).

Kaivannaisjätteen suotovesien käsittelemiseksi sulkemisen ja jälkihoidon aikana on asetettu 20 000 000 euron vakuus, eikä sivukivialueen vesienhallintaan hakijan mukaan ole tarvetta asettaa erillistä vakuutta.

Hakija on esittänyt, että vakuuksia tulee vapauttaa sulkemistöiden edessä suljettuihin pinta-aloihin ja yksikkö hintaan perustuen. Hakijan esitys on ensisijaisesti, että rakenteen ylläpitoon ei ole tarpeellista jättää erillistä vakuutta, mutta mikäli puustonpoistoon ja muuhun jälkihoitoon tulee asettaa vakuus, hakija on esittänyt, että vakuutta jätetään vapauttamatta 0,30 euroa/m² eli 624 000 euroa laskettuna 208 hehtaarin pinta-alalle.

Aluehallintoviraston arviointia vakuuden asettamisesta sivukivialueen KL2 sulkemisen osalta

Terrafame Oy on valittanut ja hakenut valituslupaa korkeimmalta hallinto-oikeudelta Vaasan hallinto-oikeuden 19.12.2024 antamasta päätöisestä nro 1738/2024, joka koskee aluehallintoviraston antamaa Sotkamon kaivos- ja metallituotannon päälupaa nro 87/2022. Yhtenä valitusperusteena on muun ohella kaivannaisjätteen jätealueiden sulkemista koskeva vakuus. Ottaen huomioon edellä mainittu Vaasan hallinto-oikeuden päätöstä koskien korkeimmassa hallinto-oikeudessa vireillä oleva valituslupahakemus ja valitus aluehallintovirasto toteaa, että kaivannaisjätteen jätehuoltoa koskevaa vakuutta ei ole mahdollista tarkistaa tässä päätöksessä sivukivialueen KL2 osalta vireilläolovaikutuksen (lis pendens) vuoksi. Aluehallintovirasto ei voi käsitellä ja ratkaista samaa asiaa, joka on samanaikaisesti käsiteltävänä ja vireillä muutoksenhakutuomioistuimessa. Menettelemällä näin vältetään myös mahdolliset ristiriitaiset ratkaisut asiassa.

Aluehallintovirastossa on vireillä Terrafame Oy:n koko toimintaa koskeva sulkemissuunnitelma (PSAVI/16044/2024) ja jätehuoltosuunnitelma (PSAVI/16043/2024), joiden yhteydessä vakuuden riittävyttä tarkastellaan uudelleen.

Vakuuden vapauttaminen tulee arvioitavaksi vasta siinä vaiheessa, kun luvanhaltijan hakemus vakuuden vapauttamisesta tulee vireille. Näin ollen, ja edellä mainittu vireilläolovaikutus huomioon ottaen, tässä päätöksessä ei ole tarvetta erikseen arvioida myöskään sivukivialueen KL2

puuston poistolle tai muulle jälkihoidolle asetettavan vakuuden suuruutta.

Lopputulema luvan myöntämisen edellytyksistä

Ennalta arvioiden sivukivialueen KL2 sulkemisesta tämän päätöksen mukaisesti toteutettuna ei aiheudu yksinään tai yhdessä alueen muiden toimintojen kanssa terveyshaittaa, merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa, maaperän, pohjaveden tai pintaveden pilaantumista, erityisten luonnonolosuhteiden huonontumista taikka vedenhankinnan tai yleiseltä kannalta tärkeän muun käyttömahdollisuuden vaarantumista toiminnan vaikutusalueella, eräistä naapuruussuhteista annetun lain 17 §:n 1 momentissa tarkoitettua kohtuutonta rasitusta tai vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain 20 a §:n vastaista pintavesimuodostuman tai pohjavesimuodostuman tilatavoitteen saavuttamisen vaarantumista tai mainitun lain 20 b §:n vastaista vesimuodostuman tilan heikentymistä. Sivukivialueen KL2 sulkeminen tämän päätöksen mukaisesti täyttää ympäristönsuojelulain, luonnonsuojelulain ja jätelain sekä niiden nojalla annettujen säädösten vaatimukset.

Lupamääräysten perustelut

Määräykset pilaantumisen ehkäisemiseksi

1. Sivukivialueen KL2 peittorakenteeksi on hyväksytty muutoin luvanhaltijan esittämä rakenne, mutta tiiviskerroksen yläpuolelle tuleva pintamaakerros on edellytetty rakennettavan 300 mm paksumpana. Perustelut käyvät tarkemmin ilmi edeltä asian ratkaisun perusteluista.
2. Sivukivialueen KL2 rakennusvaiheen 1 yksityiskohtainen rakennussuunnitelma on hyväksytty hakemuksessa esitetyn mukaisena, ottaen huomioon lupamääräyksessä 1 määrätty paksumpi pintamaakerros. Sulkemistöiden sujuvan ja ripeän toteuttamisen vuoksi toimivaltaiselle valvontaviranomaiselle on annettu mahdollisuus hyväksyä suunnitelmiin tarpeellisia ja välttämättömiä muutoksia, edellyttäen että muutokset eivät heikennä rakenteiden toimivuutta ja ympäristönsuojelun tasoa pitkälläkään aikavälillä. Muiden suljettavien rakennusvaiheiden yksityiskohtaiset suunnitelmat on määrätty toimitettavaksi ympäristöluvan mukaista toimintaa valvovalle viranomaiselle, koska rakenteen pääperiaatteet on ratkaistu tällä päätöksellä ja sulkemistoimet ovat jo käynnissä.
3. Peittorakenteen tiiviskerroksen kalvon asianmukainen asentaminen on erittäin tärkeää peittorakenteen tavoitellun toimivuuden saavuttamiseksi. Peittorakenteen vedenpitävyyden kannalta olennaisimmat rakennekerrokset ovat edeltä ilmenevästi LLDPE-kalvo, kalvoa alapuolelta sivukivikerrokselta suojaava suojageotekstiili sekä kalvon yläpuolella oleva salaojamatto, joka paitsi suojaa kalvoa yläpuolisen aineksen kuormitukselta myös vähentää peittokerrokseen satavan veden aiheuttamaa hydraulista painetta kalvoa vasten. Nämä geosynteettiset materiaalit eivät asennuksen jälkeen saa altistua tarpeettomasti olosuhteille, jotka voivat heikentää niiden toimintaa. Sivukivialueen KL2 sulkeminen toteutetaan

vaiheittain, ja Terrafame Oy sulkee yhtä aikaa sekä sivukivialuetta KL1 että KL2, mikä voi viivästyttää sivukivialueen KL2 sulkemisen toteutusta. Yhden kesäkauden aikana suljettavien rakennusvaiheiden peitto-kerrokset on ympäristön pilaantumisen ja sen vaaran ehkäisemiseksi syytä rakentaa joka vuosi mahdollisimman valmiiksi, jotta tiivisrakenteen suojaamisesta voidaan varmistua parhaiten. Talvikaudeksi peittorakenne on suojattava reuna-alueilta siten, että geosyntetit on seuraavana rakennuskautena mahdollista liittää asianmukaisesti seuraavaksi rakennettavan vaiheen materiaaleihin ja likaantuneiden pintavesien kulkeutuminen valmistuneeseen peittorakenteeseen estetään. Reunavallia poistettaessa on varmistuttava siitä, että tiivisrakenteen kerrokset eivät vaurioidu. Rakentamisaikaisesta laadunvalvonnasta on annettu lisäksi lupamääräys 7. Luvan saajan vastuulla on myös varmistaa, että rakenteisiin hankittavat materiaalit ja niiden ominaisuudet vastaavat tässä luvassa määrättyä vaatimustasoa.

4. Hakemuksen mukaan kalvorakenteen kestävyyttä ja peittokerrosten suojausvaikutusta on testattu sylinteritesteillä, joissa suojakerroksen paksuus kalvon yläpuolella on ollut yhteensä 700 mm. Testien tulosten perusteella suojakerros on ollut riittävä testiolosuhteissa ja oletetuilla kuormilla estämään kalvon puhkaisun. Aluehallintovirasto arvioi, että rakentamisvaiheessa kalvon päällä voidaan väliaikaisesti liikkua myös hakemuksen mukaisilla raskailla työkoneilla, kun suojakerroksen paksuus ja suojausvaikutus vastaa sylinteritestissä käytettyä, 200 mm pintakerrosta + 500 mm pintamaakerrosta. Suojausvaikutusta koskevissa testeissä käytettyjä koneita raskaammilla kuormilla ei saa liikkua rakenteen päällä. Pitkäaikaisen suojausvaikutuksen lisäämiseksi ja kalvon rikkoutumisriskin pienentämiseksi aluehallintovirasto on kuitenkin edeltä ratkaisun perusteluista ilmenevästi määrännyt lopullisen pintamaakerroksen hakijan esittämää paksummaksi.
5. Sotkamon kaivos- ja metallituotantoa koskevassa ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksessä nro 87/2022 annetun lupamääräyksen 93 mukaan kaivosalueella jätealueiden ja kaatopaikkojen pintarakenteiden tiivistyskerroksen alapuolisissa kerroksissa saa hyödyntää maa-aineksia, joiden metallipitoisuudet ylittävät maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetun valtioneuvoston asetuksen (214/2007) alemman ohjearvon, mutta eivät ylempää ohjearvoa. Alemmat ohjearvot ylittäviä maa-aineksia ei siten saa sijoittaa pintarakenteessa tiivistyskerroksen yläpuolelle. Sivukivialueen KL2 peittorakenteen tiiviskerroksen yläpuolelle pintamaakerrokseen on siten hyväksytty sijoitettavaksi vain puhtaita maa-aineksia, joiden haitallisten aineiden pitoisuudet alittavat mainitun asetuksen mukaiset alemmat ohjearvot. Varmistamalla maa-massojen pilaantumattomuus voidaan varmistua myös siitä, että peittorakenteen päältä kertyvät sade- ja sulamisvedet ovat lähtökohtaisesti puhtaita vesiä, jotka on mahdollista johtaa laskeutusaltaista vesistöön.
6. Kasvillisuuden nopea kylväminen suljetulle sivukivialueelle on tärkeää pintamaakerroksen pölyämisen vähentämiseksi sekä rankkasateista ja sulamisvesistä aiheutuvan eroosion ehkäisemiseksi. Peittokerroksen rakentaminen on mahdollista vain sulan maan aikana, ja kauden aikana

peitetyle alueelle tulisi kylvää kasvillisuus mieluiten vielä saman kesän aikana, mikäli mahdollista. Kylvö on kuitenkin tehtävä viimeistään seuraavana mahdollisena kylvöajankohtana. Alueen kasvittaminen matalajuurisella kasvillisuudella on kaivannaisjätteiden hallintaa koskevien BAT-päätelmien mukaista.

Määräyksellä varmistetaan, että luvanhaltija kiinnittää alueen maisemoinnissa ja kasvittamisessa huomiota luonnon monimuotoisuuden lisäämiseen. Kylvöseoksissa tulisi käyttää mahdollisimman monipuolista sivukivialueen olosuhteissa kasvavaa kasvilajistoa, joka sietää pintakerroksen kuivumista ja luiskissa kasvualustan jyrkkyyttä ja ehkäisee myös tehokkaasti pintakerroksen eroosiota. Sivukivialue on pinta-alaltaan laaja, yli 200 hehtaarin kokoinen alue, jonka päälle muodostuvalla kasvillisuudella on merkitystä esimerkiksi hyönteislajistolle. Koska kyseessä on myös hyvin pitkäaikainen sulkemisrakenne, on sulkemisen alusta lähtien pyrittävä lisäämään eri eliölajeille suotuisia elinympäristöjä, jotka lisäävät luonnon monimuotoisuutta.

7. LLDPE-kalvon pitkäaikaiskestävyyteen liittyen on hakemuksenkin mukaan havaittu tärkeimmäksi seikaksi oikeaoppinen kalvon asentaminen ja rakentamisen aikainen hyvä laadunvarmistus. Edeltä ratkaisun perusteluista tarkemmin ilmenevistä syistä on olennaisen tärkeää, että pysyvän ja erittäin pitkäaikaisen peittorakenteen rakentaminen tapahtuu huolellisesti ja suunnitelmien mukaisesti valvottuna. Tämän vuoksi sulkemisessa on käytettävä riippumatonta ja asiantuntevaa laadunvalvojaa, joka ei kuulu luvanhaltijan, suunnittelijan tai toteuttajan organisaatioon. Riippumattoman laadunvalvojan havaintojen ja raportoinnin perusteella ympäristölupaa valvova viranomainen saa rakennuskauden jälkeen ajantasaisen tiedon toteutuneista toimenpiteistä sekä toteutuksen luvnmukaisuudesta ja mahdollisista poikkeamista.
8. Luvanhaltija on määrätty toimittamaan sivukivialueiden sulkemista koskeva erillinen yhteenveto, jotta valvovalla viranomaisella on ajantasainen tieto vuoden aikana toteutetuista sulkemistoimenpiteistä ja seuraavalle vuodelle suunnitelluista sulkemistoimenpiteistä. Tämän vuoksi yhteenveto on myös määrätty toimitettavaksi viranomaisille aikaisemmin kuin koko toiminnan käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailun yhteenvetoreportti, joka on tarkkailuohjelman mukaan laadittava tarkkailuvuotta seuraavan vuoden huhtikuun loppuun mennessä.
9. Hakemuksen mukaan on oletettu, että puuston poistoa tehtäisiin noin viiden vuoden välein, ja tarve puuston poistolle kartoitetaan maastokatselmuksilla tai dronekuvauksilla. Lupamääräys on annettu hakemuksen mukaisesti. Rakenteen pitkäikäisyyden vuoksi pintakerrokseen kasvavan kasvillisuuden seuranta ja tarkkailua on jatkettava niin pitkään kuin mahdollista. Pintakerrokseen kasvituksen myötä mahdollisesti tulleet vieraslajit on tarkkailun perusteella poistettava viipymättä.
10. Hakemuksessa on esitetty tavoitepitoisuuksia sivukivialueen peittorakenteen päältä kertyvien puhtaiden sade- ja sulamisvesien johtamiseksi vesistöön Talvijoen ja Tuhkajoen valuma-alueille. Edempää ratkaisun

perusteluista tarkemmin ilmenevästi aluehallintovirasto ei ole tässä päätöksessä hyväksynyt esitettyjä tavoitepitoisuuksia. Aluehallintovirasto viittaa toimintaa koskevan pääluvan nro 87/2022 täytäntöönpanokelpoiseen lupamääräykseen 11, jonka mukaan puhtaat vedet, joista ei aiheudu päästöjä tai ympäristön pilaantumisen vaaraa, on erotettava liikaantuneista vesistä ja johdettava vesienkäsittelyjärjestelmien ohi vesistöön, noroon, ojaan tai maastoon. Peittorakenteen päältä kertyvät sade- ja sulamisvedet johdetaan hakemuksen mukaan laskeutusaltaisiin, joista ne voidaan johtaa joko vesistöön tai vesienkäsittelyyn.

11. Sivukivialueen KL2 tiiviiden pohjarakenteiden alapuolisille vesille on hakemuksessa esitetty samoja tavoitepitoisuuksia vesistöön johdettaessa kuin peittorakenteen päältä kertyville puhtaille sade- ja sulamisvesille. Edempää päätöksen perusteluista ilmenevästi aluehallintovirasto ei ole tässä päätöksessä hyväksynyt esitettyjä tavoitepitoisuuksia, vaan viittaa toimintaa koskevan pääluvan nro 87/2022 lupamääräyksiin 11 ja 12, joiden perusteella vain puhtaaksi todetut vesijakeet voidaan johtaa vesistöön ja liikaantuneet vesijakeet on johdettava asianmukaiseen käsittelyyn. Sulkemissuunnitelman mukaan sivukivialueelta kerättävät suoto-vedet ja muut liikaantuneet vedet voidaan Kuusilammen avolouhoksen sulkemisen jälkeen johtaa myös avolouhokseen muodostuvaan louhosjärveen.

Terrafame Oy:n vuoden 2024 ympäristötarkkailuraportin (www.terrafame.fi) mukaan sivukivialueen KL2 pohjarakenteiden alapuolisissa vesissä, jotka on johdettu altaisiin DP4 tai DP5, vesien pH on vuonna 2024 ollut 2,9–3,6, liukoinen nikkelpitoisuus 0,8–7 mg/l, liukoinen sinkkipitoisuus 1,8–22 mg/l, liukoinen kadmiumpitoisuus 2,6–35 µg/l, sulfaattipitoisuus 270–1600 mg/l ja liukoinen uraanipitoisuus 4,2–64 µg/l. Aluehallintovirasto arvioi, että sivukivialueen tiiviiden pohjarakenteiden alapuoliset vedet on todennäköisesti tarpeen johtaa suotovesialtaiden kautta prosessikiertoon, vesienkäsittelyyn tai louhosjärveen vielä pitkään sivukivialueen KL2 sulkemisen jälkeenkin. Suotovesien muodostuminen sivukivikasassa voi vähentyä ja vähitellen loppua tiiviin peittorakenteen valmistumisen jälkeen, mutta tiiviin pohjarakenteen alapuolella olevat pohjavedet voivat edelleen osittain kontaminoitua kallioperän mustaliuskeen vuoksi, jolloin kyseistä pohjavettä ei todennäköisesti ole mahdollista johtaa ympäristöön ilman käsittelyä.

Tarkkailu- ja raportointimääräykset

12. Hakemuksessa on esitetty, että sivukivialueen KL2 sulkeminen ja sulkemisen jälkeen toteutettava tarkkailu sisällytetään Terrafame Oy:n nykyiseen tarkkailuun. Tarkkailuun sisältyy peittorakenteen rakentamisaikainen ja rakentamisen jälkeen toteutettava käyttötarkkailu ja laadunvalvonta, jossa tarkkaillaan muun muassa peittorakenteen muodonmuutoksia, hapen- ja vedenläpäisevyyttä ja kasvittumista. Kaasunmittauspisteitä on esitetty asennettavaksi yksi jokaista suljettavaa 50 hehtaaria kohti. Aluehallintovirasto arvioi esitetyn menettelyn riittävän kattavaksi rakenteen hapenläpäisevyyden seurantaan.

Sivukivialueella muodostuvia suotovesiä sekä tiiviin pohjarakenteen alapuolelta pumpattavia vesiä tarkkaillaan hakemuksen perusteella nykyisen tarkkailuohjelman mukaisesti. Tarkkailua jatketaan niin kauan kuin se on tarpeellista vesien johtamisen ja käsittelyn kannalta, eikä kyseisten vesien tarkkailuun ole tarvetta tehdä muutoksia tässä päätöksessä.

Laskeutusaltaisiin johdetaan suunnitelman mukaan peittorakenteen päältä tulevia hulevesiä, jotka voidaan johtaa vesistöön, kun ne on todettu likaantumattomiksi Kainuun ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla.

Ympäristövaikutusten tarkkailuun ei hakemuksessa ole esitetty muutoksia sivukivialueen sulkemisen johdosta. Hakemuksen perusteella ja tämän päätöksen määräysten mukaisesti toteutettuna sivukivialueen KL2 sulkeminen ei aiheuta päästöjen tai haitallisten ympäristövaikutusten kasvua kaivosalueen ympäristössä, eikä vaikutustarkkailuihin ole tarvetta tehdä muutoksia.

Tarkkailuohjelman päivittäminen on syytä tehdä mahdollisimman pian tämän päätöksen mukaiseksi, koska sivukivialueen KL2 sulkeminen on jo käynnistynyt ensimmäisellä suljettavalla osa-alueella.

13. Hakemuksen mukaan suljetulle sivukivialueelle muodostuvan kasvillisuuden juuriston vaikutusta peittorakenteeseen voidaan seurata kymmenen vuoden välein paljastamalla paikallisesti tiivisrakenteena toimiva kalvo. Yksittäisen kohdan avaamisesta saatavia havaintoja ei voida yleistää koskemaan koko sivukivialuetta, mutta avauksen perusteella on mahdollista havaita alueelle kasvaneen kasvillisuuden juuriston ulottuvuus syvyysuunnassa sekä mahdolliset rakenteeseen ulkopuolisista olosuhteista kuten routimisesta aiheutuneet vauriot.

Luvanhaltija on määrätty myös avaamaan peittorakennetta suljetuilta alueilta peittorakenteen pinnasta LLDPE-kalvoon asti, jotta peittorakenteen suojakerrosten toimivuutta ja kuntoa muutamien talvikausien jälkeen on mahdollista havainnoida. Rakenteen avauksilla voidaan varmistua, että peittorakenne toimii kuten hakemuksessa on esitetty, ja avauksista saadaan lisätietoja rakenteen kehittämistarpeista sivukivialueilla vielä meneillään olevia sulkemistoimenpiteitä varten.

Valmista peittorakennetta tulisi avata mahdollisimman vähän, jotta peittorakenteen tiivisrakennetta ei vaurioiteta. Vaurioitumisriskin pienentämiseksi rakenteen avaukset on suunniteltava ja toteutettava huolellisesti. Saatavien tulosten perusteella valvova viranomainen voi määrätä tarvittavista jatkotoimenpiteistä ja rakenteen avauksen mahdollisesta toistamisesta.

14. Peittorakenteeseen suunnitellulla lysimetrillä mitataan sen yläpuolisen LLDPE-kalvon läpi pääsevää vesimäärää, ja peittorakenteen toimiessa oikein myös lysimetrin tulisi lähtökohtaisesti olla täysin kuiva. Luvanhaltija on kuitenkin tuonut esille, että peittorakenteen kerrosten kosteutta ja lämpötilaa voidaan mitata joko jatkuvatoimisesti tai kertamittauksin eri syvyyksiltä rakenteen toimivuuden tarkkailemiseksi.

Peittorakenteen LLDPE-kalvon eheyden havainnointi on nykyään käytössä olevilla tarkkailumenetelmillä käytännössä epäsuoraa, enimmäkseen suotoveden laadun ja määrän seurantaan perustuvaa tarkkailua. Lupamääräyksessä 13 määrätyillä rakenneavauksilla saadaan tutkittavista kohdista tietoa rakenteen toiminnasta ja kunnosta, mutta tulokset yksittäisistä paikoista eivät ole täysin yleistettävissä koko sivukivialueen mittakaavaan. Ennen kunkin suljetun osa-alueen kunnollista kasvittumista riski esimerkiksi rankkasateiden aiheuttamille pintamaakerroksen eroosioaurioille on suurempi kuin kasvittumisen jälkeen. Tämän vuoksi alueen mahdollisten eroosioaurioiden seuranta on tärkeää.

Aluehallintovirasto toteaa, että muualla maailmassa on jo käytössä jatkuvatoimisia vuodonilmaisumenetelmiä kalvorakenteissa sekä menetelmiä, joiden avulla kalvorakenteiden eheys voidaan varmentaa rakenteiden päältä. Suomessa sovellettavaan lainsäädäntöön jätealueiden pohja- tai pintarakenteita koskien ei ole sisällytetty tällaisia vaatimuksia. Näin ollen lupamääräyksessä on nostettu esiin mahdollisuus käyttää kehittyvää teknologiaa rakenteen tarkkailussa ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla ja velvoitettu luvanhaltija ottamaan käyttöön sekä selvittämään uusia teknologioita rakenteen toimivuuden tarkkailemiseksi. Kyseessä on poikkeuksellisen suuri vaarallisen kaivannaisjätteen jätealue, jonka sulkemusrakenne perustuu LLDPE-kalvon eheyteen. On siten olennaista pystyä varmistamaan rakenteen toiminta myös toteutusvaiheen jälkeen. Ympäristönsuojelulain 20 §:ssä säädetty huolellisuusperiaatekin huomioiden peittorakenteen toimivuudessa on suositeltavaa hyödyntää mahdollista uutta ja kehittyvää teknologiaa.

15. Määräys on annettu luonnon monimuotoisuuden ylläpitämiseksi ja lisäämiseksi sivukivialueen KL2 sulkemisessa. Annettu määräys on tarpeen myös luvan haltijan ympäristönsuojelulain 6 §:n mukaisen selvilläolovelvollisuuden täyttymiseksi. Lupamääräyksestä 6 ilmenevästi luvanhaltija on määrätty käyttämään pintakerroksen kasvittamisessa monipuolista eri eliölajeille suotuisaa kasvilajistoa. Muutaman vuoden kuluessa kunkin osa-alueen kasvillisuuden kylvämisestä on mahdollista tehdä ensimmäisiä havaintoja maisemoinnin tuloksista ja alueelle levinneestä lajistosta. Toimenpiteiden tuloksellisuuden seuranta on tarpeen, jotta alueen kasvittamisesta saatuja havaintoja ja kokemuksia voidaan hyödyntää muiden kaivosalueella suljettavien jätealueiden maisemoinnissa. Määräyksellä kasvittumisen edistymisen tarkkailusta ja raportoinnista varmistetaan, että maisemointi toteutetaan parhaan käytettävissä olevan tiedon perusteella luonnon monimuotoisuutta edistäen.

VASTAUS YKSILÖITYIHIN VAATIMUKSIIN

Aluehallintovirasto on ottanut hakemuksesta annetut lausunnot ja muistutukset huomioon ratkaisusta, lupamääräyksistä ja niiden perusteluista ilmenevästi.

Geologian tutkimuskeskus GTK:n lausuntoon 4. aluehallintovirasto toteaa lisäksi seuraavaa: Sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelmaan liitetty kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma (4.12.2023) on ollut tämän asian ratkaisun kannalta riittävän ajantasainen. Terrafame Oy on päivittänyt koko kaivosaluetta koskevan kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman sekä koko toiminnan sulkemissuunnitelman, ja asiat ovat vireillä aluehallintovirastossa. Koko toimintaa koskevassa sulkemissuunnitelmassa tarkastellaan laajemmin muun muassa kaivosalueen vesienhallintaa, vesienkäsittelyä ja päästöjä Kuusilammen avolouhoksen toiminnan loppumisen jälkeen. Tätä asiaa ratkaistaessa on aluehallintovirastolla ollut käytettävissä sekä jätehuoltosuunnitelman että sulkemissuunnitelman hakemusasiakirjat. Edeltä ratkaisun perusteluista ilmenevästi asioita ei ole ollut tarpeen ratkaista samanaikaisesti sivukivialueen KL2 peittorakennetta koskevan sulkemissuunnitelman kanssa, vaan jätehuoltosuunnitelmasta ja sulkemissuunnitelmasta annetaan ratkaisut myöhemmin. Sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelmasta annetulla päätöksellä varmistetaan, että sivukivialue peitetään pysyvästi tiiviillä rakenteella, joka pitkällä aikavälillä huomattavasti vähentää suotovesien muodostumista sivukivitäytössä. Hakemuksessa on annettu riittävät tiedot sivukiven ominaisuuksista hakemuksessa esitetyn peittorakenteen ratkaisemiseksi. Suotovesien, pohjavesien ja likaantumattomiksi oletettavien vesijakeiden määrää ja laatua tarkkaillaan hakemuksen mukaisesti jatkossakin vielä pitkään niiden käsittelytarpeen arvioimiseksi.

Muistutuksen 7. (Suomen luonnonsuojeluliiton Kainuun piiri ry; Kansalaisten kaivosvaltuuskunta kaivosvaltuuskunta-MiningWatch Finland ry; Vesiluonnon puolesta ry; Pelastetaan Vaelluskalat ry; Kalastaja Paavo Huusko) osalta aluehallintovirasto viittaa edellä luparatkaisun perusteissa luvussa ”Ympäristöluvan harkinnan perusteet” lausumaansa ja erityisesti siellä siihen, mitä eri asioiden samanaikaisesta käsittelystä ja korkeimmassa hallinto-oikeudessa vireillä olevien asioiden vireilläolovaihtuksen merkityksen osalta on todettu, ja toteaa lisäksi seuraavaa: Sivukivialueen KL2 sulkemissuunnitelma on kuulutettu ja tiedoksiannettu ympäristönsuojelulain ja hallintolain mukaisesti, tiedoksiannettavat asiakirjat on julkaistu aluehallintoviraston ympäristölupien tietopalvelussa, ja suunnitelmasta on pyydetty tarvittavat lausunnot toimivaltaisilta viranomaisilta, kuten edeltä kohdasta ”Hakemuksesta tiedottaminen” ilmenee.

LUVAN VOIMASSAOLO JA KORVATTAVA MÄÄRÄYS

Päätöksen voimassaolo

Päätös on voimassa toistaiseksi.

Tarvittaessa aluehallintovirasto voi ympäristönsuojelulain 89 §:ssä säädettyjen edellytysten täytyessä muuttaa aikaisempaa lupaa tai ympäristönsuojelulain 93 §:ssä säädettyjen edellytysten täytyessä peruuttaa luvan valvontaviranomaisen aloitteesta.

Korvattava määräys

Jos Sotkamon kaivos- ja metallituotantoa koskeva ympäristö- ja vesitalouslupapäätös nro 87/2022, jota koskevat valituslupahakemukset ja valitukset ovat vireillä korkeimmassa korkeimmassa hallinto-oikeudessa, kumoutuu tai päätöksen täytäntöönpano keskeytetään, korvaa tämä päätös lainvoimaiseksi tai täytäntöönpanokelpoiseksi tultuaan lupamääräyksen 111 Sotkamon kaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksestä nro 36/2014/1 sivukivialueen KL2 pintarakennetta koskien. Täytäntöönpanokelpoisella päätöksellä nro 87/2022 on korvattu kokonaisuudessaan lupapäätös nro 36/2014/1.

Lupaa ankaramman asetuksen noudattaminen

Jos asetuksella annetaan tämän luvan määräyksiä ankarampia säännöksiä tai luvasta poikkeavia säännöksiä luvan voimassaolosta tai tarkistamisesta, on asetusta luvan estämättä noudatettava ympäristönsuojelulain 70 §:n (1166/2018) nojalla.

PÄÄTÖKSEN TÄYTÄNTÖÖNPANO

Päätöksen yleinen täytäntöönpanokelpoisuus

Päätös on täytäntöönpanokelpoinen sen saatua lainvoiman. Valitus korvauksesta ei estä toiminnan aloittamista.

Toiminnan aloittaminen muutoksenhausta huolimatta ja vakuus

Aluehallintovirasto määrää, että luvan saaja saa aloittaa tämän päätöksen mukaisen toiminnan muutoksenhausta huolimatta ennen päätöksen lainvoimaiseksi tulemistä tätä lupapäätöstä noudattaen.

Muutoksenhakutuomioistuin voi valituksesta kumota täytäntöönpanomääräyksen tai muuttaa sitä tai muutoinkin kieltää päätöksen täytäntöönpanon.

Vakuus

Terrafame Oy:n on ennen toiminnan aloittamista ja viimeistään 30 vuorokauden kuluessa tämän päätöksen antopäivästä, päätöksen antopäivää mukaan lukematta, asetettava Kainuun ELY-keskuksen eduksi 50 000 euron vakuus lupapäätöksen kumoamisen tai lupamääräysten muuttamisen varalta. Vakuutta voi pyytää Kainuun ELY-keskukselta palautettavaksi, kun tämä päätös on saanut lainvoiman, tai lupapäätöksen kumoamisen tai muuttamisen edellyttämien toimenpiteiden valmistuttua.

Määrätty vakuus on asetettava Kainuun ELY-keskukselle omavelkaisen pankkitakauksena, vakuutuksena tai pantattuna talletuksena. Pankkitalletuksesta on toimitettava ELY-keskukseen talletustodistus

kuittaamattomuussitoumuksella Kainuun ELY-keskuksen hyväksi. Vakuuden antajan on oltava luotto-, vakuutus- tai muu ammattimainen rahituslaitos, jolla on kotipaikka Euroopan talousalueeseen kuuluvassa valtiossa. Luvan saajan on toimitettava tieto vakuuden voimassaolosta ELY-keskukselle viipymättä sen asettamisen jälkeen.

Täytäntöönpanoratkaisun perustelut

Edempää ympäristöluparatkaisun perusteluista ilmenevästi sivukivialueen KL2 sulkeminen on toteutettava mahdollisimman nopeasti. Ympäristön pilaantumisen vaaran vähentämiseksi on ensisijaista, että täyteen tulleet sivukivialueet suljetaan mahdollisimman pian suotovesien muodostumisen ja sivukivestä aiheutuvan pölyämisen vähentämiseksi. Sivukivialueen KL2 sulkemistoimenpiteet hakemuksessa esitetyllä peittorakenteella on aloitettu Terrafame Oy:n Kainuun ELY-keskukselle tekemän ilmoituksen perusteella kesäkuussa 2024 ensimmäisellä suljetavalla rakennusvaiheella sivukivialueen eteläosassa. Sulkemisorakenteiden toteuttaminen tässä ympäristöluvassa hyväksytyllä tavalla on ympäristön pilaantumisen vaaran vähentämiseksi tärkeää. Terrafame Oy:llä on näin ollen ympäristönsuojelulain 199 §:n 1 (833/2017) momentissa tarkoitettu perusteltu syy toiminnan aloittamiseen tätä päätöstä noudattaen mahdollisesta muutoksenhausta huolimatta.

Sulkemistöiden ja peittorakenteen toteuttaminen tämän ympäristölupapäätöksen mukaisesti edistää ympäristönsuojelua, helpottaa sulkemistöiden valvontaa ja vähentää ympäristön pilaantumisen vaaraa. Päätöksen täytäntöönpanosta ei ennalta arvioiden voida olettaa aiheutuvan sellaisia peruuttamattomia haitallisia vaikutuksia, että se tekisi muutoksenhakua hyödyttömäksi. Sivukivialueelle KL2 jo rakennettua peittorakennetta ei todennäköisesti ole tarvetta missään tilanteessa poistaa, vaan mahdollisesti muutoksenhaun seurauksena tarvittava uusi tai lisätävä rakenne voidaan rakentaa olemassa olevien rakenteiden päälle.

Vakuuden määrän perustelut

Toiminnanharjoittaja on esittänyt toiminnan aloittamiseen liittyväksi vakuudeksi 10 000 euroa (alv 0 %), jota aluehallintovirasto on korottanut. Vakuus on asetettava siltä varalta, että muutoksenhaun tuloksena lupapäätös kumotaan tai lupamääräyksiä muutetaan ja sulkemissuunnitelmaa tai peittorakennetta on tämän vuoksi muutettava. Koska sivukivialueen KL2 sulkeminen on jo aloitettu ennen tämän päätöksen antamista, täytäntöönpanoon liittyvä vakuus on asetettava pian päätöksen antamisen jälkeen. Aluehallintovirasto arvioi, että hakemuksessa esitetty 10 000 euron vakuus suunnitelman päivittämiseksi ei ole riittävä siinä tilanteessa, että suunnitelman päivittäminen tulisi viranomaisen teetettäväksi. Vakuutta on täten korotettu siten, että suunnitelman päivittäminen ja sen mahdollisesti edellyttämät mittaukset on ennalta arvioiden mahdollista teetättää määrättyllä vakuudella. Määrättyllä 50 000 euron vakuudella voidaan näin ollen kattaa sulkemissuunnitelman tarvittava päivittäminen, ja määrättyä euromääräistä summaa voidaan pitää

hyväksyttävänä ja riittävänä tämän päätöksen mukaisen toiminnan aloittamiseksi muutoksenhausta huolimatta.

Aluehallintovirasto arvioi, että tämän päätöksen mukaisesta toiminnan aloittamisesta ei todennäköisesti aiheudu sellaisia päästöjä tai ympäristövaikutuksia, joiden vuoksi ympäristöä olisi tarpeen ennallistaa muutoksenhaun seurauksena. Täytäntöönpanoratkaisuun liittyvä vakuus ei koske varsinaisia sulkemisrakenne- ja rakentamiskustannuksia, jotka sisältyvät kaivannaisjätteiden jätehuoltoon koskevaan voimassa olevaan vakuuteen. Kaivannaisjätevakuuden tarkistamista tämän päätöksen osalta on perusteltu edempänä ratkaisun perusteluissa.

SOVELLETUT SÄÄNNÖKSET

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) 6–8, 20, 48 § 1–3 momentit, 49, 51 § 1 momentti (1166/2018), 52 § 1 ja 3 momentit, 53, 62 § 1 momentti (715/2021) ja 2 momentti, 64 § 1 momentti, 87 § 1 momentti (423/2015), 94 § 3 momentti sekä 199 § 1 momentti (833/2017)

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta (713/2014) 15 § 2 momentti (979/2021)

Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013) 14 § 2 ja 3 momentit

KÄSITTELYMAKSU

Ratkaisu

Lupa-asian käsittelymaksu on 40 600 euroa.

Lasku lähetetään erikseen Valtion talous- ja henkilöstöhallinnon palvelukeskuksesta Joensuusta.

Perustelut

Käsittelymaksu määräytyy asian vireilletuloajankohtana 16.2.2024 voimassa olleen aluehallintovirastojen maksuista annetun valtioneuvoston asetuksen (1171/2023) mukaisesti.

Maksuasetuksen liitteenä olevan maksutaulukon 3.1 taulukon 2 13 e) kohdan mukaan kaivannaisjätteen jätealuetta koskevan hakemusasian käsittelymaksu on 28 600 euroa. Tässä asiassa on ratkaistu kaivannaisjätteen jätealueen yksityiskohtainen sulkemissuunnitelma, jonka johdosta on myönnetty ympäristölupa sivukivialueen sulkemiseen ja annettu sulkemista koskevat määräykset. Kyseessä on lupapäätöksessä nro 87/2022 edellytetyn hakemuksen käsittely. Asian käsittelystä peritään maksutaulukon 3.1 alakohdan 6 mukaisesti työmäärän perusteella maksu, jonka suuruus on 70 euroa/tunti.

Vireille tullut hakemus on ollut useilta osin puutteellinen ja asiassa on alkutarkastuksen johdosta laadittu laaja täydennyspyyntö. Laajan täydentämisen johdosta aiemmin toimitetut alkuperäiset hakemusasiakirjat ovat tulleet korvatuiksi uusilla toimitetuilla asiakirjoilla. Lisäksi asiassa on sen kuuluttamisen ja tiedoksiantamisen jälkeen pyydetty täydennyksiä yhteensä kolme kertaa ja vielä neljännen kerran 7.5.2025 pidetyn neuvottelun lopputuloksena.

Asiassa on kyse suuren sivukivialueen sulkemisrakenteen hyväksymisestä. Sivukivialueelle on sijoitettu rikkipitoista sivukiveä, joka tuottaa erittäin happamia ja metallipitoisia suotovesiä. Hyväksyttävä sulkemisrakenne on keskeisin tekijä jätealueesta aiheutuvan pilaantumisen ja sen vaaran rajoittamisessa ja rakenteen on toimittava satojen vuosien ajan. Kyseessä on siten erittäin vaativan hakemusasian käsittely ja asian vaativuuden vuoksi hakemus on määrätty ratkaistavaksi kahden ratkaisijan kokoonpanossa. Nyt kysymyksessä olevaa asiaa koskien ei ole olemassa esimerkiksi ennakkopäätöksiä vastaavien sivukivialueiden sulkemISRatkaisuista. Asian ratkaiseminen on edellyttänyt tavanomaista laajempaa asiakirjoihin ja saatavilla olevaan tietoaaineistoon perehtymistä. Asian käsittelyyn ja ratkaisemiseen aluehallintovirastossa kulunut työmäärä on siten kaikkineen ollut keskimääräistä suurempi.

Asian käsittelyyn on kulunut yhteensä 580 tuntia, jolloin perittävä käsittelymaksu on 40 600 euroa.

Asia on käsitelty ja ratkaistu samanaikaisesti sivukivialueen KL1 sulke-missuunnitelman (PSAVI/9228/2024) kanssa, mikä on otettu huomioon sivukivialueen KL1 käsittelymaksun määrittämisessä samanaikaisesti annettavassa päätöksessä.

Oikeusohjeet

Valtioneuvoston asetus aluehallintovirastojen maksuista vuonna 2024 (1171/2023)

Valtioneuvoston asetus aluehallintovirastojen maksuista vuosina 2025 ja 2026 (858/2024) 8 §

PÄÄTÖKSESTÄ TIEDOTTAMINEN

Päätös

Hakija

Päätös tiedoksi sähköpostitse

Sotkamon kunta

Sotkamon kunnan ympäristönsuojeluviranomainen

Sotkamon kunnan ja Kajaanin kaupungin terveydensuojeluviranomai-nen / Kainuun ympäristöterveyspalvelut, Sotkamon kunta

Kajaanin kaupunki

Kajaanin kaupungin ympäristönsuojeluviranomainen

Kainuun ELY-keskus, Ympäristö ja luonnonvarat -vastuualue
Lapin ELY-keskus, Pohjois-Suomen kalatalouspalvelut
Geologian tutkimuskeskus GTK
Säteilyturvakeskus STUK
Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes, kaivosviranomaisen
Kajaanin kaupunki Kainuun pelastuslaitos
Vaasan hallinto-oikeus
Korkein hallinto-oikeus
Suomen ympäristökeskus

Ilmoitus päätöksestä

Asianosaiset

Ilmoittaminen yleisessä tietoverkossa ja lehdessä

Aluehallintovirasto tiedottaa päätöksen antamisesta julkaisemalla kuulutuksen ja päätöksen lupaviranomaisen verkkosivuilla <https://ylupa.avi.fi>.

Tieto kuulutuksesta julkaistaan myös Sotkamon kunnan ja Kajaanin kaupungin verkkosivuilla.

Päätöstä koskeva ilmoitus julkaistaan sanomalehdissä Kainuun sanomat, Sotkamo-lehti ja Miilu-lehti.

MUUTOKSENHAKU

Päätökseen saa hakea muutosta Vaasan hallinto-oikeudelta valittamalla.

Asian ovat ratkaisseet johtaja Sami Koivula (puheenjohtaja) ja ympäristöneuvos Laura Lindström. Asian on esitellyt ympäristöylitarkastaja Mari Kangasluoma.

Tiedustelut: asian esittelijä, puh. 0295 017 677 tai 0295 016 000.

Asiakirja on hyväksytty sähköisesti. Merkintä sähköisestä hyväksymisestä on asiakirjan viimeisellä sivulla.

Liite

Valitusosoitus

VALITUSOSOITUS

Tähän aluehallintoviraston päätökseen tai siitä perittävään maksuun voi hakea muutosta kirjallisella valituksella. Valituksen saa tehdä sillä perusteella, että päätös on lainvastainen.

Päätöksestä voivat valittaa asianosaiset, sekä vaikutusalueella ympäristön-, terveyden- tai luonnonsuojelun tai asuinympäristön viihtyisyyden edistämiseksi toimivat rekisteröidyt yhdistykset tai säätiöt, sijaintikunta ja vaikutusalueen kunnat ja niiden ympäristönsuojeluviranomaiset, sekä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset ja muut asiassa yleistä etua valvovat viranomaiset.

Asian käsittelystä hallinto-oikeudessa voidaan periä oikeudenkäyntimaksu siten kuin tuomioistuinmaksulaissa (1455/2015) ja oikeusministeriön asetuksessa tuomioistuinmaksulain 2 §:ssä säädettyjen maksujen tarkistamisesta (1020/2024) säädetään. Maksun suuruus on 310 euroa. Tuomioistuinmaksulaissa on erikseen säädetty tapauksista, joissa maksua ei peritä. Tarkempia tietoja maksuista saa hallinto-oikeudesta.

Toimi näin

Jos haet muutosta aluehallintoviraston päätökseen, tee kirjallinen valitus Vaasan hallinto-oikeuteen ennen valitusajan päättymistä. Valitusaika päättyy **25.7.2025**.

Valitusaika määräytyy seuraavasti:

- Päätöksen tiedoksisaannin katsotaan tapahtuneen viimeistään seitsemäntenä (7.) päivänä siitä, kun aluehallintovirasto on julkaissut päätöksen verkkosivuillaan.
- Valitusaika on 30 päivää päätöksen tiedoksisaannista.
- Kun määräaikaa lasketaan, sitä päivää, kun päätös on saatu tiedoksi, ei oteta lukuun.
- Jos määräajan viimeinen päivä on pyhäpäivä, itsenäisyyspäivä, vapunpäivä, jouluaatto, juhannusaatto tai arkilauantai, määräaika päättyy ensimmäisenä arkipäivänä sen jälkeen.

Ilmoita valituksessa

- valittajan nimi, postiosoite, puhelinnumero ja muut tarpeelliset yhteystiedot, kuten sähköpostiosoite. Jos valittajana on yhteisö, ilmoita sen nimi ja yhteystiedot.
- laillisen edustajan, asiamiehen tai muun valituksen laatineen henkilön nimi ja postiosoite, puhelinnumero ja muut tarpeelliset yhteystiedot, kuten sähköpostiosoite
- sellainen postiosoite ja mahdollinen muu osoite, johon oikeudenkäyntiin liittyvät asiakirjat voidaan lähettää (prosessiosoite). Hallinto-oikeus voi valita, mihin osoitteeseen se toimittaa asiakirjat, jos sille on ilmoitettu useampia prosessiosoitteita tai jos yhtäkään ilmoitettua yhteystietoa ei ole nimetty prosessiosoitteeksi.
- päätös, johon haetaan muutosta
- päätöksen kohta, johon haetaan muutosta
- mitä muutoksia päätökseen vaaditaan
- perusteet, joilla muutosta vaaditaan
- mihin valitusoikeus perustuu, jos valituksen kohteena oleva päätös ei kohdistu valittajaan

Yhteystietojen muutoksesta on ilmoitettava viipymättä hallinto-oikeudelle valituksen vireillä olon aikana.

Valituksen liitteet

- aluehallintoviraston päätös, johon muutosta haetaan (alkuperäisenä tai jäljennöksenä)
- asiakirjat, joita käytetään vaatimusten tukena (jollei niitä ole toimitettu jo aiemmin aluehallintovirastoon)
- valtakirja
 - asiamiehen on liitettävä valitukseen valittajalta saatu valtakirja – ellei hän ole asianajaja, julkinen oikeusavustaja tai sellainen oikeudenkäyntiavustaja, joka määrittää luvan saaneista oikeudenkäyntiavustajista annetussa laissa (715/2011).

- o asiamiehen ei tarvitse toimittaa valtakirjaa, jos hallinto-oikeuteen toimitetaan sellainen sähköinen asiakirja, jossa on selvitys asiamiehen toimivallasta. Asiamiehen ei myöskään tarvitse esittää valtakirjaa, jos valittaja on antanut valtuutuksen suullisesti tuomioistuimessa tai jos asiamies on toiminut asiamiehenä asian aikaisemmassa käsittelyvaiheessa.

Lähetä valitus hallinto-oikeuteen

Hallinto-oikeuden yhteystiedot ovat:

Vaasan hallinto-oikeus

Korsholmanpuistikko 43, 4. krs (käyntiosoite)

PL 204, 65101 Vaasa (postiosoite)

sähköposti: vaasa.hao@oikeus.fi

puhelinvaihe: 029 56 42 611

asiakaspalvelu: 029 56 42 780 (avoinna ma–pe kello 8.00–16.15)

telekopio (fax): 029 56 42 760

Valituksen saapuminen määräajassa on valittajan vastuulla, kun se lähetetään postitse, sähköpostitse, telekopiona tai lähetin välityksellä. Suljetussa laitoksessa oleva henkilö voi antaa valituskirjelmän valitusajan kuussa myös sille henkilölle, joka on määrätty laitoksessa tätä tehtävää hoitamaan tai laitoksen johtajalle.

Valituksen on oltava perillä hallinto-oikeuden kirjaamossa viimeistään valitusajan viimeisenä päivänä ennen hallinto-oikeuden aukioloajan päättymistä.

Valituksen voi tehdä myös hallinto- ja erityistuomioistuinten asiointipalvelussa osoitteessa

<https://asiointi2.oikeus.fi/hallintotuomioistuimet>

Tämä asiakirja PSAVI/1802/2024 on hyväksytty sähköisesti / Detta dokument PSAVI/1802/2024 har godkänts elektroniskt

Koivula Sami 12.06.2025 13:31

Lindström Laura 12.06.2025 13:50

Kangasluoma Mari 12.06.2025 13:38