

Vastaanottaja  
**Yara Suomi Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Selostus**

Päivämäärä  
**14.5.2024**

# YARA SUOMI OY, SIILIN- JÄRVI

KAIVOKSEN SULKEMISSUUNNITELMA,  
VE0

# YARA SUOMI OY, SIILINJÄRVI

## KAIVOKSEN SULKEMISSUUNNITELMA, VEO

Asiakirjatyyppi **Sulkemissuunnitelma**

Projekti nro **1510067332**

Vastaanottaja **Yara Suomi Oy**

Päivämäärä **14.5.2024**

Laatija **Tarja Simonen, Riikka Fred**

Tarkastaja **Ramboll / Emmy Hämäläinen, Yara / Hanna Luukkonen, Mikko Airaksinen**

Hyväksyjä **Yara / Hanna Luukkonen**

Ramboll

PL 25

Itsehallintokuja 3

02601 ESPOO

P +358 20 755 611

F +358 20 755 6201

<https://fi.ramboll.com>



## Sisältö

|       |                                                                                                    |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | Johdanto                                                                                           | 3  |
| 1.1   | Lähtökohta                                                                                         | 3  |
| 1.2   | Sulkemisen tavoitteet                                                                              | 5  |
| 1.3   | Yaran kaivoksen sulkemista koskevat määräykset ja sitoumukset                                      | 5  |
| 1.4   | Sulkemista koskevat yleiset vaatimukset                                                            | 7  |
| 2.    | Kaivostoiminnan päättäminen                                                                        | 9  |
| 2.1   | Kaivoksen toimintamalli                                                                            | 9  |
| 2.1.1 | Organisaatio ja vastuut                                                                            | 9  |
| 2.1.2 | Tiedottaminen ja sidosryhmäyhteistyö                                                               | 9  |
| 2.2   | Sulkemiseen varautuminen                                                                           | 10 |
| 2.2.1 | Vakuudet                                                                                           | 10 |
| 2.2.2 | Jälkihoitovaraus                                                                                   | 10 |
| 2.2.3 | Materiaalien varastointi                                                                           | 10 |
| 2.2.4 | Alueiden suunnittelu                                                                               | 10 |
| 2.1   | Aikataulu ja sulkemisjärjestys                                                                     | 10 |
| 2.2   | Ennenaikainen sulkeminen                                                                           | 10 |
| 2.3   | Väliaikainen sulkeminen                                                                            | 11 |
| 2.4   | Riskien hallinta                                                                                   | 11 |
| 3.    | Kaivoksen ja kaivannaisjätealueiden sulkemistoimenpiteet toiminta-alueittain                       | 12 |
| 3.1   | Avolouhokset                                                                                       | 12 |
| 3.1.1 | Avolouhosten toiminta ja kuivanapito                                                               | 12 |
| 3.1.2 | Louhosten kuivatusvesien laatu ja määrä                                                            | 13 |
| 3.2   | Avolouhosten sulkeminen                                                                            | 13 |
| 3.2.1 | Avolouhosten sulkemiseen liittyvät lupamääräykset                                                  | 13 |
| 3.2.2 | Suljettavat avolouhokset                                                                           | 14 |
| 3.2.3 | Sulkemistavan vertailu parhaaseen saatavilla olevaan tekniikkaan                                   | 15 |
| 3.2.4 | Avolouhosten sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet                                              | 15 |
| 3.3   | Sivukiven läjitysalueet                                                                            | 16 |
| 3.3.1 | Sivukivialueiden sulkemista koskevat erityiset lupamääräykset                                      | 16 |
| 3.3.2 | Sivukiven ja sivukivikasoista suotautuvan veden ominaisuudet                                       | 17 |
| 3.3.3 | Sivukivien lajittelu ja hyödyntäminen                                                              | 19 |
| 3.3.4 | Läjitysalueiden rakenteet ja läjitystapa                                                           | 19 |
| 3.3.5 | Läjitysalueiden kuvaus                                                                             | 20 |
| 3.3.6 | Sivukivien läjitysalueiden vesien hallinta                                                         | 22 |
| 3.4   | Sivukivialueiden sulkeminen                                                                        | 24 |
| 3.5   | Rikastushiekka-alueet                                                                              | 26 |
| 3.5.1 | Rikastushiekka-altaiden sulkemista koskevat viranomaismääräykset                                   | 26 |
| 3.5.2 | Rikastushiekka-alueelle läjitettävien kaivannaisjätteiden ja niistä suotautuvan veden ominaisuudet | 27 |
| 3.5.3 | Rikastushiekka-altaiden rakenteet ja läjitystapa                                                   | 28 |
| 3.5.4 | Rikastushiekka-alueet                                                                              | 29 |
| 3.5.5 | Rikastushiekka-alueiden vesien hallinnan periaatteet                                               | 30 |
| 3.6   | Rikastushiekka-alueiden sulkeminen                                                                 | 31 |
| 3.6.1 | Sulkemistapa ja sulkemisrakenteet                                                                  | 31 |
| 3.6.2 | Sulkemisrakenteiden vertailu parhaaseen saatavilla olevaan tekniikkaan                             | 32 |
| 3.6.3 | Rikastushiekka-alueiden sulkemistilanne ja materiaalitarve                                         | 33 |
| 3.6.4 | Epävarmuudet, riskit ja lisäselvitystarpeet                                                        | 33 |

|         |                                                     |    |
|---------|-----------------------------------------------------|----|
| 4.      | Kaivannaisjätealueiden vesien hallinta ja käsittely | 34 |
| 4.1.1   | Prosessivesikierto ja vesien käsittely              | 35 |
| 4.1.2   | Sulkemisvaiheen vesienhallinta                      | 37 |
| 5.      | Materiaalien hallinta                               | 38 |
| 5.1     | Maisemointimateriaaleihin liittyvät lupamääräykset  | 38 |
| 5.2     | Sulkemiseen käytettävät maa-ainekset                | 38 |
| 6.      | Laadun hallinta                                     | 40 |
| 6.1     | BAT ja BREF vertailu                                | 40 |
| 6.2     | Sulkemistyön aikainen laadun valvonta ja toteaminen | 40 |
| 7.      | Jälkihoito ja tarkkailu                             | 40 |
| 8.      | Alueiden käyttö sulkemisen jälkeen                  | 40 |
| 9.      | Sulkemisvaiheen riskien hallinta                    | 41 |
| Lähteet | 43                                                  |    |

LIITE 1. Siilinjärven kaivoksen laajentamisen YVA. Kaivannaisjätealueiden vaihtoehdot VE0-VE4 / BAT-vertailu, kooste 14.5.2024

# 1. Johdanto

## 1.1 Lähtökohta

Tämä yleispiirteinen sulkemissuunnitelma on laadittu vastaamaan Yaran kaivoksen laajentamisen YVA vaiheen tarpeisiin. Suunnitelma on laadittu YVA:n vaihtoehdolle VE0, missä toiminta jatkuu tämän hetkisen kaivossuunnitelman (LOM = life of mine) ja voimassaolevan ympäristöluvan puitteissa kunnes nykyiset kaivannaisjätealueet ovat täynnä, arviolta vuoden 2035 tienoilla (Kuva 1-1).

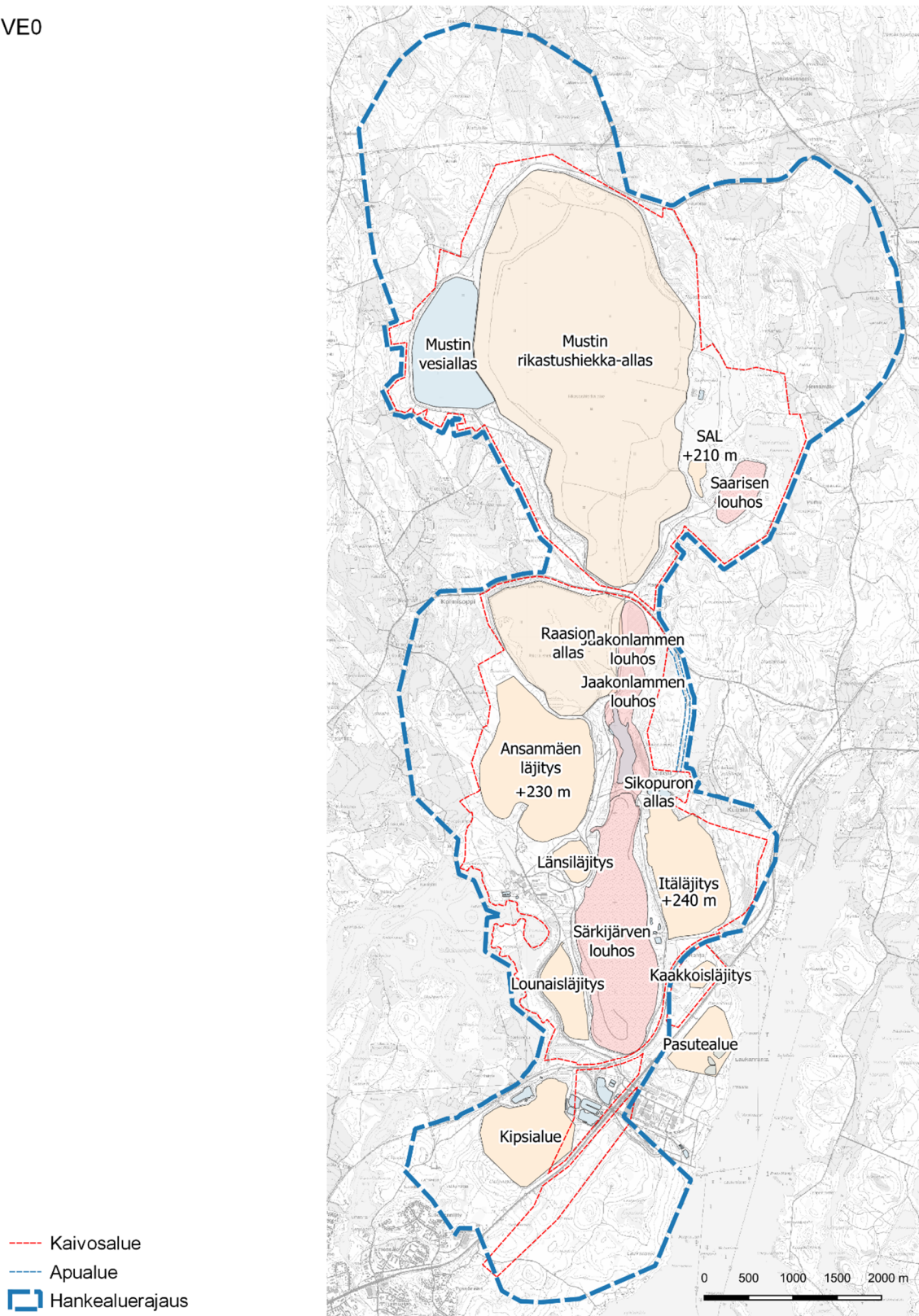
Kaivoksen laajenemiseen liittyvän YVA:n vaihtoehtojen VE1-VE4 mukaisen toiminnan sulkemiskäsitteet on esitetty erillisessä VE1-VE4 sulkemissuunnitelmassa.

Tämän VE0 yleispiirteisen sulkemissuunnitelman tavoitteena on tuottaa tietoa ympäristövaikutusten arviointiin. Suunnitelmassa kuvataan sulkemistoimia periaatetasolla ja verrataan sulkemiskäsitteitä parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (BAT, BREF). Lisäksi arvioidaan sulkemistoimenpiteiden vaikuttavuutta haitallisten ympäristövaikutusten ehkäisyssä, kuvataan sulkemisvaiheen tunnistettuja, mahdollisia riskejä sekä tuodaan esille epävarmuuksia ja mahdollisesti tarvittavia lisäselvityksiä.

VE0 sulkemissuunnitelmassa pohjana on ollut Yaran kaivoksen geneerinen sulkemissuunnitelma (Yara, 2022). Sulkemisen suunnittelu on asteittain tarkentuva prosessi, jossa suunnitelmaa tarkennetaan edellisen suunnitelman jälkeen tapahtuvien muutosten ja toteutettujen rakenteiden, tarkkailusta saatavien lisätietojen ja tehtyjen lisäselvitysten tai havaittujen puutteiden ja epävarmuuksien osalta. Sulkemissuunnitelmaa tullaan tarkentamaan toiminnan aikana ja siinä tul-  
laan huomioimaan tässä suunnitelmassa esitetyt lisäselvitystarpeet.

Sulkemissuunnitelmassa sulkemiskäsitteiden vaatimuksia arvioidaan alueiden nykytilatietojen, rakenteiden, jätteen karakterisoinnin ja tarkkailutietojen perusteella ja siksi ne on lyhyesti kuvattu tässä selostuksessa. Lisäksi suunnitelmassa huomioidaan uusimmat lainsäädännön vaatimukset ja viranomaispäätösten määräykset.

VE0



Kuva 1-1. YVA-vaihtoehtoon VE0 sisältyvät alueet, kuva Yara 05/2023.

## 1.2 Sulkemisen tavoitteet

Sulkemistoimenpiteiden tavoitteena on saattaa kaivosalue yleisen turvallisuuden edellyttämään tilaan sekä kunnostaa, siistiä ja maisemoida alueet sekä varmistaa että ne ovat fyysisesti sekä kemiallisesti vakaita pitkällä aikavälillä.

Sulkemisen tavoitteena on myös, ettei alueesta aiheudu haittaa tai vaaraa ympäristölle tai terveydelle. Tavoite sulkemisen jälkeen on, että alueen ei tarvitse olla jatkuvasti vartioitu eikä alueella tarvita aktiivisia, jatkuvaa läsnäoloa vaativia toimenpiteitä.

Kaivoksen ja kaivannaisjätealueiden yksilöidyt tavoitteet on kuvattu kappaleessa 3.

## 1.3 Yaran kaivoksen sulkemista koskevat määräykset ja sitoumukset

*Sulkemista koskevat ympäristölupamääräykset*

Yara Siilinjärven toimipaikan voimassa olevassa ympäristöluvassa (ISAVI/1194/2015) ja sen muutokseen liittyvässä päätöksessä (ISAVI/1499/2019) on maisemointiin, toiminnan lopettamiseen ja sulkemiseen annettu alla luetellut yleisluontoiset lupamääräykset. Kuhunkin kaivannaisjätealueeseen liittyvät erityiset määräykset on esitetty toiminta-alueittain kappaleessa 3.

- 32 .... Läjitysalueiden muotoilu ja maisemointi on aloitettava toiminnan aikana ja sitä on jatkettava vuosittain siltä osin, kuin läjitysalue on saavuttanut lopullisen muodon ja korkeuden. Läjitysalueiden lakiosat on rakennettava reunoja kohti viettäväksi...

*... Läjitysalueiden jälkihoitosuunnitelma on pidettävä ajan tasalla niin, että se sisältää pitemmän ajan toimenpiteet, jälkihoitomateriaalien käyttötarpeet ja saatavuuden sekä jälkihoidon aikataulun.*

*Tarkkailua ja kaivannaisjätteen jätealueen jälkihoitotoimenpiteitä on jatkettava toiminnan loputtua 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 ei ole enää tarpeen tarkkailla.*

- 64 Toiminnan loputtua alue on viipymättä siistittävä ja saatettava sellaiseen kuntoon, ettei siitä aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Alueen jälkihoitotyöt on tehtävä viiden vuoden kuluessa toiminnan päättymisestä.

*... Kaivannaisjätteen jätealueiden jälkihoitotoimenpiteitä ja vaikutusten tarkkailua on jatkettava toiminnan loputtua riittävän pitkään sen varmistamiseksi, että rakenteiden jälkihoitotyöt on tehty kestäväällä tavalla eikä alueesta aiheudu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa eikä onnettomuuden vaaraa, ja ettei alueen ympäristökuormitusta ole enää tarpeen tarkkailla.*

*Jälkihoitotoimenpiteiden ja vaikutusten tarkkailun keventämisen tai päättämisen hyväksyy Pohjois-Savon ELY-keskus luvan saajan esityksestä. Luvan saajan on toimitettava viimeistään kymmenen kuukautta ennen toiminnan lopettamista Itä-Suomen aluehallintovirastolle toiminnan lopettamista koskeva hakemus. Hakemukseen on liitettävä suunnitelma toiminnan loppumisen vuoksi tarvittavista toimista, sisältäen esitykset*

*tehtaiden, kaivoksen, läjitysalueiden ja kaatopaikkojen jälkihoitotoimenpiteiksi, koko toiminta-alueen vesien johtamisen ja käsittelyn järjestämiseksi ja jälkitarkkailusuunnitelmaksi.*

*Toiminnan päättyessä on Pohjois-Savon ELY-keskukselle toimitettava ympäristönsuojelulain 95 §:n mukaisesti myös arvio maaperän ja pohjaveden tilasta ja sen suhteesta aiemmin arvioituun perustilaan.*

*Lisäksi lupamääräys 65 koskee vakuuksia koskien kaivannaisjätealueiden maisemointia ja jälkihoitoa sekä kaatopaikkojen ja vesienkäsittelyn varmistamista. Vakuuksia koskevaa lupamääräysten on tarkennettu päätöksellä ISAVI/4627/2018.*

#### *Kaivoslupapäätökset*

Kaivoslupapäätöksessä (Tukes, KaivNro 1298, 30.6.2014) on määrätty, ettei kaivostoiminta saa aiheuttaa haittaa ihmisten terveydelle tai vaaraa yleiselle turvallisuudelle (määräys 1), eikä toiminnasta saa aiheutua huomattavaa haittaa yleiselle tai yksityiselle edulle tai yksityisen edun loukkausta (määräys 2).

Lisäksi on määrätty, ettei kaivostoiminnalla vaaranneta tai vaikeuteta kaivoksen mahdollista tulevaa käyttöä tai louhimistyötä (määräys 3) ja määrätty vakuudesta Tukesille kaivoslain mukaisia lopetus- ja jälkitoimenpiteitä kuten aitaamista varten (määräys 5).

#### *Sitoumukset*

Yara Suomi Oy, Siilinjärven kaivos on sitoutunut kaivosvastuujärjestelmään ja noudattamaan kaivosvastuujärjestelmän toimintaperiaatteita.

Kaivosvastuujärjestelmän mukaiset toimintaperiaatteet kaivosten sulkemiseen liittyen:

Kun kaivos suljetaan, tavoitteena on saattaa alue sellaiseen tilaan, ettei siitä ole vaaraa ympäristölle tai ihmisten terveydelle ja turvallisuudelle. Kestävän kaivostoiminnan verkosto korostaa riskienhallintaa ja pyrkii toiminnan jatkuvaan parantamiseen. Kaivosvastuujärjestelmää noudattavat yhtiöt edistävät hankkeita, jotka turvaavat kaivostoiminta alueen elinvoimaisuutta kaivostoiminnan päätyttyä. Tavoitteena on, että kaivosalueella olisi toimintaa myös kaivoksen sulkemisen jälkeen, muussa tapauksessa se palautetaan luonnolliseen tilaan. Lisäksi yhtiöt sitoutuvat siihen, ettei kaivostoiminnasta aiheudu peruuttamattomia haittavaikutuksia luonnolle.

Kaivosvastuujärjestelmää noudattavat yhtiöt sitoutuvat seuraaviin toimintatapoihin:

1. Yhtiöt laativat kaivosten sulkemista koskevat suunnitelmat sekä ylläpitävät ja päivittävät niitä.
2. Yhtiöt sitoutuvat sidosryhmäyhteistyöhön sulkemisen suunnittelussa ja jälkihoidossa ja ottavat sidosryhmille tärkeät arvot huomioon alueen sulkemisen tavoitteiden määrittelyssä.
3. Yhtiöt laativat kaivoskohtaiset, kunkin kaivoksen tarpeet huomioivat sulkemissuunnitelmat uusille ja toiminnassa oleville kaivosalueille. Yhtiöt hyödyntävät hyviä käytäntöjä sulkemisen suunnittelussa ja toteutuksessa. Sulkemissuunnitteluun sisällytetään muun muassa tavoitteiden selkeä määrittely, riskien arviointi ja vaihtoehtojen tunnistaminen, kustannusarvio, arviointiperusteet sulkemistoimenpiteiden vaikutuksille sekä tarkkailusuunnitelma.
4. Yhtiöt aloittavat sulkemissuunnittelun hankkeen varhaisessa vaiheessa. Suunnitelmia tarkennetaan koko hankkeen elinkaaren ajan. Kaivoksen vaiheittaista sulkemista suositaan mahdollisuuksien mukaan.
5. Sulkemissuunnittelu sisältää myös varautumisen toiminnan tilapäiseen keskeytymiseen.

6. Yhtiöt sitoutuvat pitämään sulkemissuunnitelmat ja niihin liittyvät kustannuslaskelmat ajantasaisina.
7. Yhtiöt huolehtivat sulkemisen taloudellisista järjestelyistä.
8. Yhtiöt määrittelevät sulkemissuunnittelun, kustannusten arvioinnin, sulkemistoimien ja jälkiseurannan vastuut organisaatioissa selkeästi.
9. Yhtiöt toteuttavat sulkemissuunnitelmansa aktiivisesti ja varmistavat, että sulkemistoimet täyttävät niille asetetut tavoitteet.

Yhtiöt raportoivat kaivoksen sulkemisen suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät toimet vuosittain sisäisesti niin, että johdolla on ajantasainen tieto sulkemissuunnitelmien ja -toimien riittävytydestä.

#### **1.4 Sulkemista koskevat yleiset vaatimukset**

Sulkemista säätelevät keskeisimmät lait ja asetukset sekä ohjeistukset on kuvattu alempana. Kaivannaisjätealueita ja kaivosta koskevat yksilöidyt vaatimukset on kuvattu kappaleessa 3.

##### *Sulkemista säätelevät lait ja asetukset*

Kaivoslaki (621/2011) ja kaivosturvallisuusasetus (1571/2011)

Kaivosluvan haltija on veloitettu huolehtimaan kaivoslain (luku 3, 18 §) mukaan mm. siitä, että kaivosalueen tulevaa käyttöä tai esiintymän tulevaa hyödyntämistä ei vaaranneta tai vaikeuteta, suunnittelussa otettava huomioon niin pitkälle kuin mahdollista vaiheittaisen sulkemisen mahdollisuus ja sulkemiseen liittyvät toimenpiteet toteutetaan siten, ettei suljetusta kaivoksesta aiheudu merkittäviä haitallisia vaikutuksia ihmisten terveydelle tai ympäristölle. Kaivostoiminnan harjoittajan on kaivoksen suunnittelussa ja rakentamisessa sekä kaivostoiminnassa otettava huomioon kaivoksen vaiheittainen sulkeminen, alueen käyttö kaivostoiminnan loputtua sekä se, että kaivostoiminta voidaan lopettaa ja kaivos sulkea turvallisesti (11 luku, 120 §).

Kaivoslain 15 luvun kaivostoiminnan lopettamiseen liittyvien säännösten mukaan kaivostoiminnan harjoittajan on viimeistään kahden vuoden kuluttua kaivostoiminnan päättymisestä saatettava kaivosalue ja kaivoksen apualue yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon, huolehdittava niiden kunnostamisesta, siistimisestä ja maisemoinnista sekä suoritettava kaivosluvassa ja kaivosturvallisuusluvassa määrätyt toimenpiteet siten, että suljetusta kaivoksesta ei aiheudu merkittäviä haitallisia vaikutuksia ihmisten terveydelle tai ympäristölle (143 §).

Kaivoslain 15 luvun 144§ mukaan kaivostoiminnan harjoittaja saa pitää paikallaan kaivoksesta louhitut kaivosmineraalit, kaivoksen laitteistot ja laitteet sekä maan pinnalla olevat rakennukset ja rakennelmat kahden vuoden ajan siitä, kun kaivostoiminta on päättynyt. Tämän jälkeen ne siirtyvät korvauksetta kiinteistön omistajalle, joka voi vaatia niiden poistamista tai muuta asianmukaista sijoittamista toiminnanharjoittajan kustannuksella. Kaivosviranomaisen voi kuitenkin väliaikaisesti kieltää kaivostoimintaan liittyvien rakennusten ja rakennelmien poistamisen, jos tämä vaikeuttaa tai vaarantaa kaivoksen mahdollisen tulevan käytön tai louhimistyön. Väliaikainen kieltä voi olla voimassa enintään siihen asti, kunnes kaivostoiminnan lopettamispäätös on saanut lainvoiman.

Kaivosviranomaisen varmistaa tarvittavien toimenpiteiden toteutumisen lopputarkastuksessa. Kaivosturvallisuusasetuksessa säädetään, että toiminnanharjoittajan on toimitettava kaivoksen lopetustilanteen mukainen kaivoskartta selityksineen kaivosviranomaisille (145 § ja 146 §).

Kaivostoiminnan päätyttyä kaivostoiminnan harjoittaja vastaa edelleen kaivosluvassa annettujen määräysten tai kaivostoiminnan lopettamispäätöksessä annettujen määräysten mukaisesti kaivosalueen ja kaivoksen apualueen seurannasta sekä tarvittavista korjaavista toimenpiteistä ja niiden kustannuksista. Kaivostoiminnan harjoittajan on ilmoitettava kaivosviranomaiselle kaikista seurannassa ilmenneistä merkittävistä haitallisista vaikutuksista yleiselle turvallisuudelle, ympäristölle tai ihmisten terveydelle ja toteutettava viipymättä tarvittavat korjaavat toimenpiteet. Kaivosviranomainen voi antaa määräyksiä tarvittavista korjaavista toimenpiteistä. (150 §).

#### Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013)

Asetuksessa 14 § säädetään kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisesta ja jälkihoidosta. Ko. kohdan mukaan 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. Toiminnanharjoittaja vastaa jätealueen käytöstä poistamisen jälkeen tehtävistä toimista niin kauan kuin se on tarpeen sen varmistamiseksi, että alueesta ei aiheudu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa, alue on vakaa ja pysyvästi maisemoitu, alueesta ei aiheudu onnettomuuden vaaraa ja siitä aiheutuvaa ympäristökuormitusta tai vaikutusalueen pinta- tai pohjavesien tilaa ei ole enää tarpeen tarkkailla. Tarvittavista toimista määrätään ympäristönsuojelulain nojalla annettavissa määräyksissä.

#### Ympäristönsuojelulaki 527/2014

Ympäristönsuojelulain 94 §:n mukaisesti luvanvaraisen toiminnan päätyttyä toimintaa harjoittanut vastaa edelleen lupamääräysten tai valtioneuvoston asetuksella säädetyn yksilöidyn veloitteen mukaisesti tarvittavista toimista pilaantumisen ehkäisemiseksi, samoin kuin toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta. Jos lupa ei sisällä riittäviä määräyksiä toiminnan lopettamiseksi, on lupaviranomaisen annettava tätä tarkoittavat määräykset.

Ympäristönsuojelulaissa on säädetty myös kaivannaistoiminnan jätehuollosta ml. kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma, jossa on esitettävä kaivannaisjätealueen toiminnan lopettamiseen liittyvistä toimista sekä mm. kaivannaisjätealueen vakuudesta, jolla varmistetaan asianmukaiset sulkemistoimet, seuranta ja tarkkailu.

Ympäristönsuojelulain 170 § mukaan toiminnan harjoittajan on ilmoitettava toiminnan muutoksista, toiminnan pitkäaikaisesta keskeyttämisestä, toiminnan lopettamisesta ja muista toimintaa koskevista valvonnan kannalta olennaisista muutoksista, joilla voi olla vaikutuksia ympäristön pilaantumiseen taikka säädösten, ilmoituspäätöksen tai luvan noudattamiseen.

Ympäristönsuojelulain 14 luvun mukaan toiminnanharjoittajalla on velvollisuus puhdistaa maaperä tai pohjavesi siihen tilaan, ettei siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

#### Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun asetuksen muuttamisesta (1308/2015), asetuksen liitteet

Liitteissä määritellään vesiympäristölle haitalliset aineet ympäristölaatunormeineen vastaanottavissa vesistöissä.



### *Sulkemista ohjaavat viranomaisohjeet*

Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen.

Opas tukee vertailuasiakirjassa "Best available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries" esitettyjen BAT-päätelmien soveltamista kaivannaisjätteiden hallinnassa.

Oppaassa esitetyt tekniikat ovat suosituksia ja oppaan tarkoitus on toimia tukena kaivannaisjätteiden jätehuoltoon liittyvissä kysymyksissä niin toiminnanharjoittajien tietotarpeissa kuin valvontaa ja lupaviranomaisten päätösten teossa.

## 2. Kaivostoiminnan päättäminen

### 2.1 Kaivoksen toimintamalli

Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikalla on sertifioitua johtamisjärjestelmät, jotka on auditoitu ulkopuolisen auditoijan toimesta viimeksi 2023. Johtamisjärjestelmä täyttää ISO 14001 (ympäristöjärjestelmä), ISO 9001 (laadunhallintajärjestelmä) ja ISO 45001 (työterveys- ja työturvallisuusstandardi) sekä ISO 50001 (energiatohokkuusjärjestelmä) vaatimukset. Lisäksi johtamisjärjestelmä vastaa Kaivosverkoston kaivosvastuujärjestelmän toimintaperiaatteisiin ja toimintakehykseen, Euroopan lannoitevalmistajien tuoteturvallisuusohjelmaan sekä kansainvälisen Kemianteollisuuden Responsible care-ohjelmaan.

Yaran toimintamalli vastaa kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan yleisten päätelmien BAT1 mukaisia menetelmätapoja.

#### 2.1.1 Organisaatio ja vastuut

Kaivoksen sulkemiseen liittyvä päävastuu on kaivoksen johtajalla. Jälkihoidon ja sulkemistoimenpiteiden toteutusvastuu sekä toimenpiteiden onnistumisen seurantavastuu on kunkin osa-alueen vastuuhenkilöllä. Kaivoksen yksityiskohtaisemman sulkemissuunnitelman laadinnasta vastaa kaivoksen ympäristöpäällikkö. Vastuut ja organisaatio sekä siihen liittyvien henkilöiden tehtävät sulkemiseen liittyen on esitetty alla. Vastuusiin tulee tarkennuksia varsinaisen sulkemissuunnitelman laadinnan etenemisen myötä.

|                                                                |                                                    |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Kaivoksen johtaja                                              | Päävastuu                                          |
| Kaivoksen ympäristöpäällikkö ja vanhempi ympäristöasiantuntija | Sulkemissuunnitelman laadinta, sidosryhmäyhteistyö |
| Louhospäällikkö                                                | Avolouhokset, sivukiven läjitysalueet              |
| Rikastamon päällikkö                                           | Rikastushiekka-alueet, vesienhallinta              |

#### 2.1.2 Tiedottaminen ja sidosryhmäyhteistyö

Yara Siilinjärven toimipaikalla viestintää ja sidosryhmäyhteistyötä hoidetaan viestintäsuunnitelman mukaisesti tiedottamalla suunniteltavista tai käynnissä olevista hankkeista ja niiden ympäristövaikutuksista.

Sulkemissuunnitelmasta tiedotetaan lakien ja asetusten mukaisesti YVA-menettelyn yhteydessä ja lupamenettelyiden yhteydessä. Näiden lisäksi sulkemisen toteutussuunnittelun yhteydessä keskustellaan oman henkilöstön, viranomaisten ja paikallisyhteisöjen kanssa. Paikallisyhteisöjä edustaa yhteistoimintaryhmä ja lisäksi tehdään yhteistyötä mm. Lintuyhdistys Kuikan kanssa.

Luokiteltujen patojen turvallisuudesta tiedotetaan sulkemisenkin jälkeen patoturvallisuuslain mukaisesti.

## **2.2 Sulkemiseen varautuminen**

### **2.2.1 Vakuudet**

Sulkemisen kustannuksiin on varauduttu asettamalla ympäristöluvan edellyttämät vakuudet sekä kaivosluvan kaivoslain mukaiset vakuudet. Vakuuksia tarkastetaan tarvittaessa ja niiden ajantasaisuus käydään läpi ympäristöluvan mukaisissa vuositarkastuksissa.

### **2.2.2 Jälkihoitovaraus**

Yara tekee kirjanpitoon kvartaaleittain laskennallisen ympäristövarauksen, jolla varaudutaan läjitysalueiden maisemoinnin kustannuksiin. Laskennan pohjana läjitysalueissa on kokonaisalueesta maisemointimaton osuus hehtaareina. Kaivoksen läjityksistä tiedot tulevat infrapäälliköltä, tietojen perusteella varausta puretaan, jos aluetta maisemoidaan tai kasvatetaan mikäli läjitysalue kasvaa. Maisemointikulut maksetaan toteuman mukaan.

### **2.2.3 Materiaalien varastointi**

Yara on varautunut ja varautuu toiminnassaan jatkuvasti sulkemisrakenteissa tarvittaviin suuriin materiaalmääriin erottelemalla rakennushankkeiden sulkemiseen soveltuvia ylijäämämaita ja väli-varastoimalla niitä kaivosalueelle. Materiaalien hallintaa on kuvattu tarkemmin kohdassa 5.

### **2.2.4 Alueiden suunnittelu**

Uusia alueita suunniteltaessa otetaan jo alkuvaiheessa huomioon sulkeminen mm. alueiden muotoilussa, vesienhallinnassa ja alueen käytössä sulkemisen jälkeen. Suunnittelussa huomioidaan mahdollisuuksien mukaan vaihteittainen sulkeminen. Vaihteittain sulkeminen antaa arvokasta kokemusta toteutetuista sulkemiskäytännöistä, ja näitä tietoja voidaan hyödyntää seuraavien laajennusalueiden suunnittelussa.

## **2.1 Aikataulu ja sulkemisjärjestys**

Jaakonlammen ja Särkijärven päälouhoksella louhintaa jatketaan, kunnes voimassa olevien ympäristölupien mukaiset kaivannaisjätealueet ovat täyttyneet lakikorkeuteensa. Sivukivialueiden arvioidaan täyttyvän luvankäytön mukaiseen lakikorkeuteensa noin vuonna 2035. Myös Mustin rikastushiekka-alueella arvioidaan olevan läjitystilavuutta noin vuoteen 2035 asti.

Kaivannaisjätealueiden sulkemista on tehty ja sitä jatketaan toiminnan aikana vaihteittain sen mukaan, kun alueiden täyttötaso saavutetaan tai alueiden käyttö lopetetaan. Sulkemista tehdään vaihteittain myös rakentamisen logistiikan, materiaalien hankinnan ja kustannusten hallinnan takia.

Viimeiset sulkemistoimenpiteet aloitetaan, kun malmin louhinta ja rikastus päättyy, kaivoksen tuotantolaitokset ajetaan alas ja avolouhosten annetaan täyttyä vedellä. Alueen sulkeminen saatetaan loppuun viiden vuoden kuluessa toiminnan päättymisestä.

## **2.2 Ennenaikainen sulkeminen**

Ennenaikaisen sulkemisen osalta sulkemisen vaatimukset tai toimenpiteet eivät poikkea lopullisesta sulkemisesta. Ennen aikaiseen sulkemiseen voisi mahdollisesti johtaa esimerkiksi kannattamaton

toiminta, teoriassa myös toiminnanharjoittajan konkurssi tai lupamääräysten jatkuva rikkominen, jolloin sekä ympäristölupaviranomaisella että kaivosviranomaisella on oikeus peruuttaa antamansa lupapäätös.

Ennenaikainen sulkeminen poikkeusolojen, esimerkiksi sodan tai poikkeuksellisten sääolosuhteiden takia, on teoriassa mahdollista. Näissä tapauksissa sulkemisjärjestys ja sulkemisen aikataulu määrittyvät sen mukaan, millä toimenpiteillä saadaan suurin vaikutus terveyden ja ympäristön suojaamiseksi.

Poikkeustilanteita tarkastellaan riskien hallinnan yhteydessä ja huomioidaan rakenteiden ja toiminnan suunnittelussa sekä toimintamalleissa. Rikastushiekan hallinnan ja vesienhallinnan käsikirjassa on kuvattu mahdollisia riskejä ja niihin varautuminen esimerkiksi patosortuman tapauksessa. Ennenaikaisen sulkemisen riskejä vähennetään lisäksi toiminnan aikaisella vaiheittaisella sulkemisella.

### **2.3 Väliaikainen sulkeminen**

Väliaikaisen sulkemisen tavoitteena on sulkea alueet siten, että toimintaa on mahdollista jatkaa myöhemmin ja ettei toimintakatkoksen aikana aiheudu haittaa terveydelle tai ympäristölle. Toiminnan pitkäaikaisesta keskeytyksestä tehdään YSL § 170 mukainen ilmoitus. Mahdollinen syy väliaikaiselle sulkemiselle voi olla esimerkiksi toiminnan vaiheistus tai kaivannaisjätealueen sulkemisen tilanteessa, missä hyödyntäminen ei ole ajankohtaista.

Saamisen louhinta alkoi vuonna 2012 ja keskeytyi pitkäaikaisesti marraskuussa 2022. Yara on laatinut keskeytyksen ajalle louhoksen ylläpitosuunnitelman, jonka valvova viranomainen on hyväksynyt. Ylläpitosuunnitelmassa on kuvattu kaivosvesien pumppaus ja turvallisuustoimenpiteet toiminnan keskeytyksen ajalle. Keskeytettyä louhintaa on mahdollista jatkaa myöhemmin.

### **2.4 Riskien hallinta**

Päämääränä on tunnistaa vaarat ja riskit sekä rajata ja hallita onnettomuudet, niistä aiheutuvien seurausten minimoimiseksi sekä ihmisille, ympäristölle että omaisuudelle aiheutuvien vahinkojen rajoittamiseksi. Lisäksi tavoitteena on toteuttaa tarvittavat toimenpiteet ihmisten ja ympäristön suojaamiseksi suuronnettomuuksien seurauksilta sekä varautua onnettomuuksien jälkien korjaamiseen ja ympäristön puhdistamiseen. Riskienhallinta suunnitelmiseen sisältää kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF-vertailuasiakirjassa (BAT5) kuvattuja tekniikoita.

Riskien hallintaan liittyvät suunnitelmat ovat HAZOP (poikkeamatarkastelut prosessilaitoksille), työturvallisuuteen liittyvät riskien arvioinnit, räjähdysuojasasiakirja, turvallisuusselvitys, sisäinen pelastussuunnitelma, patojen riskitarkastelu, 1-luokan patojen turvallisuussuunnitelma ja suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavien kaivannaisjätealueiden sisäinen pelastussuunnitelma. Suunnitelmia päivitetään säännöllisesti ja muutosten yhteydessä.

Suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaville kaivannaisjätealueille on laadittu oma sisäinen pelastussuunnitelmansa. Lisäksi suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaville kaivannaisjätealueille on laadittu toimintaperiaatteet ja turvallisuusjohtamisjärjestelmä.

Yaran toimipaikalla on sisäinen pelastussuunnitelma ja oma teollisuuspalokunta, joka harjoittelee säännöllisesti. Ulkoinen pelastussuunnitelma on laadittu yhteistyössä Pohjois-Savon pelastuslaitoksen kanssa ja vuosittain järjestetään suuronnettomuusharjoitus yhdessä pelastuslaitoksen kanssa.

Suunnittelun ja ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä on arvioitu kaivostoiminnan vaikutuksia ja riskejä. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on arvioitu mm. ihmisten elinoloihin, maaperään ja pohjavesiin sekä vesistöihin liittyviä riskejä. Ympäristöriskejä on arvioitu riski-istunnoissa.

Tässä sulkemissuunnitelmassa on pyritty tunnistamaan kaivosten ja kaivannaisjätealueiden sulkemiseen liittyviä riskejä ja epävarmuuksia, jotka on kuvattu toiminta-alueittain kohdassa 3.

### 3. Kaivoksen ja kaivannaisjätealueiden sulkemistoimenpiteet toiminta-alueittain

#### 3.1 Avolouhokset

Vaihtoehdossa VE0 louhitaan Särkijärven päälouhoksesta ja Jaakonlammen louhoksesta, kunnes voimassa olevien ympäristölupien mukaiset kaivannaisjätealueet ovat täyttyneet lakikorkeuteensa, arviolta vuoteen 2035 saakka. Tämän hetken tiedon mukaan tällöin Jaakonlammen louhoksella on louhintaa sen pohjoisosassa ja eteläisen osan prosessivesiallas on kuivattu avolouhostoimintaa varten.

Apatiittimalmin louhinta aloitettiin vuoden 1979 lopussa Särkijärven louhoksesta. Vuonna 2022 Särkijärven pohjoispuolelle avattiin Jaakonlammen louhos. Saarisen louhoksessa louhittiin vuosina 2012–2022, jonka jälkeen toiminta keskeytettiin pitkäaikaisesti. Särkijärven, Saarisen ja Jaakonlammen louhokset kuuluvat samaan apatiittiesiintymään.

##### 3.1.1 Avolouhosten toiminta ja kuivanapito

Malmia louhitaan avolouhoksista räjäyttämällä ja irrotettu louhe kuljetetaan rikastamolle kiviautoilla. Louhintaa tehdään jatkuvasti tarkentuvan geologisen mallin perusteella ja louhittu malmi jaotellaan, lastataan ja sekoitetaan malmin fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien perusteella mahdollisimman tasalaatuisiksi syötteeksi. karkeamurskauksen jälkeen murskattu kiviaines kuljetetaan rikastamolle hihnakuljettimella jatkojalostettavaksi. Sivukivet kuljetetaan kiviautoilla hyödynnettäväksi tai niiden läjitysalueille.

Särkijärven päälouhoksen kuivanapitovedet pumpataan ensin kaivoksen pohjalta siiviläkaivoista kallioon louhittuihin selkeytysaltaisiin ( $2 \times 1300 \text{ m}^3$ ) ja sieltä tasauksen sekä laskeutuksen jälkeen maanpinnalle Itävesialtaaseen. Itävesialtaasta vedet ohjataan niiden kiintoaine- ja typpipitoisuuden perusteella joko ylivuotorakenteen kautta purkuojaa pitkin Juurusveteen (Kuuslahteen) tai pumpataan Jaakonlammen kautta takaisin prosessiin tai Sikopuron allaspuhdistamon kautta puhdistukseen. Jaakonlammen louhoksen laajenemisen takia Jaakonlampi jää arviolta vuosina 2025–2026 pois käytöstä ja sen jälkeen kiintoainepitoiset vedet pumpataan Itävesialtaasta Sikopuron allaspuhdistamolle.

Jaakonlammen louhoksen kuivanapitovedet pumpataan joko Raasion altaalle tai Jaakonlammen prosessivesialtaalle. Saarisen louhoksen kuivanapitovedet johdetaan Mustin rikastushiekka-altaalle rikastamon vesikiertoon.

Louhosten kuivanapito alentaa paikallisesti maa- ja kalliopohjaveden korkeuksia. Pohjavesien virtaus on toiminnan aikana louhoksen läheisyydessä kohti louhosta. Louhosten ulkopuoliset maaston valumavedet on ohjattu pääosin louhosten ohi.

### 3.1.2 Louhosten kuivatusvesien laatu ja määrä

Yaran louhosten kuivanapitovesille on ollut tyypillistä kohonnut kiintoainepitoisuus, silloin kun ope-roidaan louhoksen pohjalla sekä räjähdysainejäämistä syntyvä typpikuormitus. Viime vuosina pää-louhoksesta pumpattujen kuivanapitovesien kiintoainepitoisuus on ollut alle 2 mg/l ja typpikuormi-tus (kok.N) keskimäärin 20 mg/l. Vesien kiintoainepitoisuutta vähennetään laskeuttamalla vesiä altaissa ja räjähdysainejäämistä johtuvaa typpikuormitusta pyritään vähentämään räjähdysaineen valinnalla ja räjäytystekniikkaa kehittämällä. Toimenpiteitä typpikuormituksen vähentämiseksi sel-vitellään, mutta kuormituksen vähentäminen vesiä käsittelemällä on todettu olevan suurten vesi-määrien ja alhaisen pitoisuuden vuoksi rajallista (Ramboll, 2020).

Kuivanapitovesiä muodostuu toiminnan loppuvaiheessa keskimäärin päälouhoksesta 2,3 milj.m<sup>3</sup>/a, Jaakonlammesta 0,6 milj.m<sup>3</sup>/a ja Saarisesta 0,3 milj.m<sup>3</sup>/a (Envineer, 2023). Kuivanapitovesistä sa-dannan osuus on suurin ja pohjavesien noin kolmannes (Ramboll, 2020).

Avolouhosten annetaan sulkemisen yhteydessä täyttyä sadannasta ja pohjavesistä. Vesipinnan noustessa voi seinämien kivistä liueta vähäisiä määriä rautaa, magnesiumia, kalsiumia, natriumia, piihappoa ja karbonaatti-ioneita louhosvesiin. Louhoksen seinämien kivet eivät sisällä merkittäviä määriä sulfidisia mineraaleja eikä kivien arvioida merkittävästi vaikuttavan veden laatuun. Louhos-vesiin liukenevista aineista ja niiden määrästä aiheutuu ainoastaan vähäistä veden kovuuden, säh-könjohtavuuden ja pH:n nousua.

## 3.2 Avolouhosten sulkeminen

Kun toiminta päättyy, avolouhosten kuivanapitopumppaukset pysäytetään ja louhosten annetaan täyttyä sadannasta ja pohjavesistä. Vaihtoehdossa VE0 louhosten täyttäminen esimerkiksi sivuki-vellä ei ole mahdollista, koska tunnetun malmion syvyys on ainakin 800 m ja täyttäminen estäisi malmion hyödyntämisen tulevaisuudessa ja olisi siten kaivoslain vastaista.

Kaivostoiminnan päätyttyä louhokset aidataan. Louhosalueille tulee muodostumaan syvät ja jyrk-käreunaiset louhosjärvet. Louhosjärvien sadanta purkautuu ympäröivän maaston alimmasta koh-dasta pintavaluntana maastoon. Ylivuotovesien laatu voi vaikuttaa alapuolisten vesistöjen laatuun ja virtaama voi edellyttää vesien tasausta sekä uoman eroosiosuojausta.

Alueen pohjavedenpinta palautuu lähes samalle tasolle, kuin ennen louhinnan aloittamista ja pää-virtaussuunnat palautuvat lähes luonnontilan kaltaisiksi, kun louhosvesiä ei enää pumpata. Louhos-ten kautta pohjaveden ja pintaveden yhteys on kuitenkin pysyvästi aiempaa suurempaa, jolloin muodostuvan pohjaveden määrä alueella voi kasvaa toiminnan päätyttyä (Ramboll, 2023). Louhos-vesien laatu voi vaikuttaa ympäröivän pohjaveden laatuun.

### 3.2.1 Avolouhosten sulkemiseen liittyvät lupamääräykset

Aluehallintoviraston myöntämässä luvassa (ISAVI/1499/2019) määrätään kaivosten vesien johta-misesta seuraavaa:

- 1 *Särkijärven ja Jaakonlammen avolouhoksiin kertyvä ylimääräinen puhdas pohja- ja valu-mavesi voidaan johtaa Sikopuron uomaan ja siitä edelleen Kuuslahteen laskeutusaltaiden ja tarkkailupisteiden kautta. Tarvittaessa louhosvedet on ohjattava kaivoksen ja rikastamon vesikiertoon tai kemialliseen käsittelyyn. Sikopuroon johdettavan jäteveden laadun osalta on noudatettava Itä-Suomen aluehallintoviraston 25.8.2016 antaman päätöksen nro 32/2016/2 32/2016/1 lupamääräyksessä 5 annettu raja-arvoja.\**

.66 *Jaakonlammesta saadaan johtaa vettä sen kuivattamiseksi pysyvästi Raasion altaan ja kaivoksen vesikierron kautta sekä Sikopuron altaan kautta Sikopuroon ja edelleen Juurusveden Kuuslahteen 2.9.2020 päivätyn hakemuksen täydennyksen kuvassa 1 ja sen 2.9.2020 päivätyssä liitteessä 1 esitettyjen rakenteiden ja uomien kautta.*

68 *Veden johtaminen on toteutettava hallitusti siten ja sellaisena aikana, että johtaminen ei lisää kiintoaineen sekoittumista veteen Sikopuron ja Raasion altaissa tai eroosiota tai tulvahaittoja Sikopurossa. Kuivatusveden virtaaman, laadun ja päästöjen osalta noudatetaan Sikopuroon johdettavaa jätevettä koskevia ympäristölupamääräyksiä.*

*\* Lupapäätös nro 32/2016/2 32/2016/1:*

4 *Kuuslahteen johdettavan jäteveden kokonaisfosforipäästön raja-arvo on 2,5 kg/d ja ammoniumtyypen tavoitearvo 30 kg/d sekä Sulkavanjärveen johdettavan jäteveden kokonaisfosforipäästön raja-arvo on 1,5 kg/d laskettuna puolivuosisikeskiarvoina.*

5 *Sikopuroon johdettavan jäteveden fosforipäästöraja-arvo on 0,1 mg/l, kiintoainepäästöraja-arvo 15 mg/l ja CODMn-päästöraja-arvo 15 mg/l. Raja-arvot lasketaan kuukausikeskiarvoina. Sikopuroon johdettava jätevesi ei saa olla vesikirpuille myrkyllistä.*

### 3.2.2 Suljettavat avolouhokset

#### *Särkijärven louhos*

Särkijärven louhoksen pinta-ala on tällä hetkellä noin 200 ha ja siihen voi tulla vähäisiä laajennuksia nykytoiminnan aikana kaivossuunnitelmasta johtuen.

Louhosta ympäröivä maanpinta vaihtelee noin +100...+120 m mpy ollen alimmillaan alueen lounaispuolella. Louhinta jatkuu, kunnes voimassa olevien ympäristölupien mukaiset kaivannaisjätealueet ovat täyttyneet lakikorkeuteensa, arviolta vuoteen 2035 saakka. Louhoksen syvyys sulkeamisen aikaan on tämän hetkisen suunnitelman mukaan noin 300 m.

Särkijärven louhoksen luonnollisen täyttymisen pohjavesistä ja sadannasta on arvioitu kestävän yli 100 vuotta nykysadannalla. Louhoksen täyttyessä pohjaveden taso nousee ja virtaussuunnat muuttuvat ja palautuvat lähelle alkuperäistä tilannetta, ennen louhoksen avaamista.

Sulkemisen jälkeen louhosjärven ylivuoto tulee tapahtumaan ympäröivän maanpinnan tason perusteella Sulkavanjärven suuntaan ja siten myös Sulkavanjärven valuma-alue palautuu lähemmäksi alkuperäistä tilannetta, ennen louhoksen avaamista. Särkijärven louhoksen sijaintipaikalla on sijainnut ennen louhoksen perustamista Särkijärvi, jonka valuma-alueella on sijainnut Jaakonpuro ja joitakin pienempiä puroja. Jaakonlampi on laskenut aikoinaan Jaakonpuroon. Särkijärvi on laskenut Sulkavanjärveen. Särkijärvi on kuivattu 1990-luvulla.

#### *Saarisén louhos*

Saarisén louhoksen pinta-ala on noin 25 ha ja louhinta on siellä väliaikaisesti keskeytetty. VE0 vaihtoehdossa louhoksen kuivanapito lopetetaan ja louhoksen annetaan täyttyä vedellä.

Louhosta ympäröivä maanpinta on noin +130 m mpy ja louhoksen pohja on nykyisin noin -20 m mpy, joten louhoksen syvyys on noin 150 metriä.

Louhoksen sulkemisen jälkeen louhoksen täyttyminen pohja- ja sadevesistä tulee kestämään arviolta kymmeniä vuosia nykysadannalla. Ylivuoto tulee tapahtumaan todennäköisesti Saarisénjärveen ja siitä edelleen Pajulahden suuntaan. Saarisénjärven valuma-alue palautuu silloin lähemmäksi alkuperäistä tilannetta, ennen louhoksen avaamista.

### *Jaakonlammen louhos*

Vaihtoehdossa VE0 Jaakonlammen louhoksen pohjoisosalla on louhos ja eteläisen osan prosessivesiallas on kuivattu avolouhosta varten. Louhoksen pinta on noin tasolla +150 m mpy ja louhintasuunnitelman mukainen likimääräinen pohjan taso pohjoisosalla on noin 0 m mpy, jota vastaava louhoksen syvyys on noin 150 m. Louhoksen syvyys määräytyy toiminta-aikana louhintasuunnitelman mukaan ja voi vaihdella suuntaan tai toiseen.

Louhoksen sulkemisen jälkeen louhoksen täyttymiseen pohja- ja sadevesistä tulee menemään arviolta kymmeniä vuosia nykyadannalla. Jaakonlammen louhoksen ylivuoto tulee tapahtumaan todennäköisesti Särkijärven päälouhoksen suuntaan ja siitä edelleen rakennettuja vesireittejä pitkin Sulkavanjärveen.

#### 3.2.3 Sulkemistavan vertailu parhaaseen saatavilla olevaan tekniikkaan

Yaran kaivosten sulkeminen siten, että kaivosten annetaan täyttyä vedellä, on alustavasti arvioiden kivien laatu ja malmion syvyys huomioiden parasta saatavilla olevaa tekniikkaa. Sulkemisen menettelytapaa arvioidaan uudelleen myöhemmissä sulkemissuunnitteluvaiheissa mahdollisten lisätietojen valossa.

Avolouhosten sulkemiseen liittyviä toimenpiteitä on verrattu kaivannaisjätealueiden hallinnan parhaisiin käytökelpoisiin tekniikoihin liitteessä 1.

#### 3.2.4 Avolouhosten sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet

Avolouhosten sulkemiseen liittyviä riskejä ja epävarmuuksia on koottu taulukkoon (Taulukko 3-1). Avolouhosten sulkemiseen liittyvät lisäselvitykset ajoittuvat toiminnan loppuvaiheisiin.

Nykyisten avolouhosten seinämillä on arvioitu kivilaatujen perusteella olevan vain vähäistä vaikutusta louhosvesien laatuun. Sulkemisvaiheelle tulisi laatia vesi- ja ainetase asian varmistamiseksi ja louhosjärven ylivuotovesien vesienkäsittelytarpeen arvioimiseksi.

Louhinnan loppuvaiheessa kunkin avolouhoksen täyttymistä pohja- ja hulevesillä, vesipinnan nousun vaikutusta pohjaveden tasoon sekä virtausuuntiin ja louhosjärven ylivuodon sijaintia sekä virtaaman määrää tulisi arvioida mallintamalla. Mallinnus toimii pohjana sekä louhosjärvien vesien että pohja- ja pintavesien laadun ja vaikutusten arvioinnissa.

Mallinnuksen tuloksia voidaan hyödyntää sulkemissuunnittelussa mm ylivuotorakenteiden mitoituksessa, ylivuotovesien käsittelytarpeen ja tulvariskien arvioinnissa.

**Taulukko 3-1. Avolouhosten sulkemiseen liittyvät riskit ja epävarmuudet.**

| <b>Riski tai epävarmuus</b>                     | <b>Toimenpiteet</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sulkemisen vaikutus louhosvesiin ja pohjavesiin | <ul style="list-style-type: none"> <li>Louhosseinämien karakterisointi ja arvio vaikutuksesta louhosvesien laatuun ja käsittelytarpeeseen sulkemisvaiheessa</li> <li>Sulkemisvaiheen pohjavesimallinnus, arvio sulkemisen vaikutuksista pohjaveden laatuun, tasoon, määrään ja virtaussuuntaan</li> <li>Selvitys Yaran alueella pohjaveden laatuun mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä (pohjaveden tason noustessa)</li> <li>Arvio pohjaveden nousun vaikutuksesta alueen kasvillisuuteen</li> </ul> |
| Sulkemisen vaikutus pintavesiin                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Louhoksen ylivuotovesien mallinnos ja vaikutukset valuma-alueeseen ja purkuvesistön tilaan</li> <li>virtaamien hallinta ja tulvimiselle alttiiden alueiden tunnistaminen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Louhoksen turvallisuus                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Selvitys louhosten vakaudesta ja mm seinämien rapautuneisuudesta, mahdolliset toimenpiteet turvallisuuden parantamiseksi</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

### 3.3 Sivukiven läjitysalueet

Malmin louhinnan yhteydessä syntyy sivukiveä. Kaikki louhinnassa erottuva sivukivi sijoitetaan joko sivukivien läjitysalueille tai hyödynnetään. Vaihtoehdossa VE0 sivukiviä läjitetään jo olemassa oleville Ansanmäen, Saarisen ja Itäläjäytysten alueille, kunnes alueet ovat nykyisen ympäristöluvan mukaisessa lakikorkeudessa, arviolta vuoden 2035 tienoilla. Sivukiviä ei ole mahdollista läjittää käytöstä poistettuihin louhoksiin, koska malmio ulottuu jopa 800 m syvyyteen ja täytöllä estettäisiin mahdollinen malmion jatkohyödyntäminen.

Yaran kaivoksen sivukivi luokitellaan pysyväksi kaivannaisjätteeksi (GTK Closedure hanke). Koko toimintaa koskevassa ympäristöluvassa (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) Itä-Suomen Aluehallintovirasto on luokitellut sivukivet niiden jäteominaisuuksien mukaan pysyväksi, tavanomaiseksi (termi nykyisin vaaraton) jätteeksi (jäteluokitutusnumero 01 01 02) ja sivukiven läjitysalueet muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Luokittelu on sama kuin aiemmissa lupapäätöksissä.

#### 3.3.1 Sivukivialueiden sulkemista koskevat erityiset lupamääräykset

Voimassa olevassa ympäristöluvassa (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) on sivukivialueista määrätty seuraavaa:

33 ...Sivukivialueiden täyttö on toteutettava siten, että läjitysalueen pinta-alan tarve pysyy mahdollisimman pienenä.

*Läjitysalueiden muotoilu ja maisemointi on aloitettava toiminnan aikana ja sitä on jatkettava vuosittain siltä osin, kuin läjitysalue on saavuttanut lopullisen muodon ja korkeuden. Läjitysalueiden lakiosat on rakennettava reunoja kohti viettäviksi.*

*Yleisille teille, asutukseen tai muutoin alueen maisemassa poikkeavina näkyvät sivukiven läjitysalueet tai niiden osat on maisemoitava peittämällä maakerroksella ja istuttamalla kasvillisuutta sitä mukaan, kun ne saavuttavat lopullisen muotonsa. Raportti toteutetuista maisemoinneista on esitettävä Pohjois-Savon ELY-keskukselle vuosittain tarkailun ja seurannan vuosiyhteenvedon yhteydessä.*



### 3.3.2 Sivukiven ja sivukivikasoista suotautuvan veden ominaisuudet

#### *Sivukiven mineraalikoostumus ja kaivannaisjätteen luokittelu*

Hankealueen kallioperä koostuu apatiittimalmiosta ja sitä ympäröivistä sivukivistä, joita ovat feniitti, tonaliitti (dioriitti), gneissi sekä diabaasi. Kivilajien mineraali- ja pääalkuainekoostumukset on esitetty taulukossa (Taulukko 3-2).

Pääosa ulkoraakasta on feniittiä, joka on muodostunut pohjan gneissistä metasomaattisen muuttumisen tuloksena. Nykyisen louhoksen pohjois- ja länsiosat rajoittuvat tonaliittiin. Sisäraakku koostuu pääosin malmiota leikkaavista diabaasijuonista. Malmiossa esiintyy sisäraakkuna myös vähäisempiä määriä feniittisulkeumia. Malmin isäntäkivi ei sisällä raskasmetalleja eikä sulfideja merkitsevässä määrin. Rikkipitoisuus malmin isäntäkivissä on alle 0,01 % ja sivukivissä alle 0,1 %. Sivukivistä ainoastaan feniitissä ja diabaasissa esiintyy aksessorisia määriä sulfidimineraaleja (rikkikiisu ja magneettikiisu). (Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma 2020)

**Taulukko 3-2. Kivilajien mineraalit ja alkuainekoostumus.**

| Kivilaji                                                     | Apatiittimalmi                                           | Feniitti                                                                                                                      | Tonaliitti/<br>dioriitti                                           | Gneissi                                                                                    | Diabaasi                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Päämineraalit</b>                                         | Flogopiitti<br>Karbonaatit<br>Apatiitti<br>Alkalamfiboli | Kalimaasälpä<br>Plagioklaasi<br>Pyrokseenit<br>Kvartsi                                                                        | Plagioklaasi<br>Kvartsi<br>Biotiitti                               | Plagioklaasi<br>Kvartsi<br>Biotiitti<br>Sarvivälke                                         | Sarvivälke<br>Plagioklaasi<br>Pyrokseenit<br>Biotiitti                       |
| <b>Aksessoriset mineraalit</b>                               | Magnetiitti<br>Zirkoni                                   | Biotiitti<br>Muskoviitti<br>Karbonaatit<br>Titaniitti<br>Zirkoni<br>Rikkikiisu<br>Magneettikiisu<br>Magnetiitti<br>Ilmeniitti | Epidootti<br>Amfibolit<br>Titaniitti<br>Karbonaatti<br>Magnetiitti | Epidootti<br>Kloriitti<br>Titaniitti<br>Apatiitti<br>Muskoviitti<br>Zirkoni<br>Karbonaatti | Epidootti<br>Rikkikiisu<br>Magnetiitti<br>Titaniitti<br>Apatiitti<br>Zirkoni |
| <b>Kemiallinen pääalkuaine koostumus (painoprosentteina)</b> |                                                          |                                                                                                                               |                                                                    |                                                                                            |                                                                              |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>                                       | 29,7 %                                                   | 59,0 %                                                                                                                        | 57,4 %                                                             | 57 %                                                                                       | 46,8 %                                                                       |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>                           | 7,2 %                                                    | 14,5 %                                                                                                                        | 16,6 %                                                             | 17,0 %                                                                                     | 15,6 %                                                                       |
| <b>FeO<sup>tot</sup></b>                                     | 7,2 %                                                    | 4 %                                                                                                                           | 7,2 %                                                              | 7,0 %                                                                                      | 13,0 %                                                                       |
| <b>MgO</b>                                                   | 16,5 %                                                   | 4,0 %                                                                                                                         | 6,8 %                                                              | 3,5 %                                                                                      | 7,1 %                                                                        |
| <b>CaO</b>                                                   | 15,1 %                                                   | 3,1 %                                                                                                                         | 4,0 %                                                              | 6,0 %                                                                                      | 7,7 %                                                                        |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>                                       | 0,2 %                                                    | 3,5 %                                                                                                                         | 4,6 %                                                              | 5,5 %                                                                                      | 3,2 %                                                                        |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>                                        | 6,6 %                                                    | 7,0 %                                                                                                                         | 5,4 %                                                              | 2,0 %                                                                                      | 1,3 %                                                                        |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>                            | 4,0 %                                                    |                                                                                                                               |                                                                    |                                                                                            |                                                                              |
| <b>CO<sub>2</sub></b>                                        | 9,0 %                                                    |                                                                                                                               |                                                                    |                                                                                            |                                                                              |

Alueen kivissä esiintyvistä mineraaleista herkimmin rapautuvia ovat karbonaatit ja kalsiumrikas plagioklaasi ja näitä hitaammin rapautuvat sarvivälke ja muut plagioklaasit. Rapautumisen johdosta suotovesiin liukenee jossain määrin mm. magnesiumia, rautaa, kalsiumia, natriumia, piihappoa (SiO<sub>2</sub>) sekä karbonaatti-ioneita (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). Rauta mobilisoituu ainoastaan hapettomissa oloissa ja esiintyy siten vaikealiukoisena rautasaostumana. Rapautumisen yhteydessä alumiini kertyy yleensä

vaikealiukoisena rapautumisjäännöksiin. Alumiinin liukeneminen vaatii pH:n alenemista. Sivukivikasojen suotovesiin liukenevat ainemäärät (mm. Na, Ca, Mg) ovat pieniä ja ne aiheuttavat ainoastaan vähäistä veden kovuuden ja sähkönjohtavuuden nousua. Kiisumineraalien määrä sivukivissä on merkityksettömän vähäinen ja sivukivien hapontuottopotentiaalin on todettu olevan ei-happoa tuottavaa (NAF). (Yara, 2020)

#### *Sivukiven jäteominaisuudet ja liukoisuudet pitkällä aikavälillä*

Eri haitta-aineiden liukenevuutta yli 20 vuotta sitten läjitetyistä ja tuoreista sivukivien kokoomanäytteistä selvitettiin vuonna 2016 läpivirtaustestillä (L/S10, CEN/TS 14405), jossa veden pH oli säädetty vastaamaan hapanta sadevettä (pH 5,5). Tällä mallinnettiin happamimpia odotettavissa olevia olosuhteita, joille sivukivi voi läjityksessä altistua. Sivukivistä tehtyjen liukoisuustutkimusten perusteella Siilinjärven kaivoksella esiintyvistä sivukivilajeista ei liukene merkittäviä alkuainepitoisuuksia suotovesiin. Liukoisuusarvoja verrattiin valtioneuvoston kaatopaikka-asetuksen (331/2013) raja-arvoihin. Kaikki L/S 10 kumulatiiviset pitoisuudet alittivat asetuksessa annetut pysyvän jätteen raja-arvot. Vertaamalla sivukivistä määritettyjä liukoisuustuloksia kivilajikohtaisesti huomattiin, että liukoisuusarvot eräiden alkuaineiden osalta poikkeavat eri-ikäisissä sivukivissä selvästi toisistaan. Koska liukoisuusarvot ovat pieniä, ei näillä eroilla arvioitu olevan havaittavaa vaikutusta suotovesien laatuun. (Ramboll 2016). Yaralla on käynnistynyt kokeita, joilla selvitetään sivukivien pitkäaikaikäskäyttäytymistä.

#### *Suotovesien laatu tarkkailutulosten perusteella*

Suotovesien laatua sekä niistä aiheutuvia pohja- ja pintavesivaikutuksia arvioitiin suotovesiselvityksissä 2016 ja 2020 pinta- ja pohjavesien tarkkailutuloksista. Sivukivien pintaan jää louhinnan yhteydessä pieniä määriä räjähdysainemääriä, joka havaitaan sivukivialueilta valuvien suotovesien typpikuormituksena. Räjähdysaineiden koostumus on vaihdellut eri aikoina, mutta tehdyissä selvityksissä ei ole voitu tehdä selviä johtopäätöksiä tuoreen ja vanhan sivukiven typpikuormituksen suuruudesta. Myös mm. sääolosuhteet vaikuttavat typen olomuotoon (kierto) ja kuormitukseen.

Läjityksen korotuksella arvioidaan olevan vähäisempi vaikutus typen liukenemiseen kuin läjitysaluuden laajennuksilla. Typpi liukenee läjitettävien sivukivien pinnalta nopeasti läjitystä seuraavien vuosien aikana. Typpikuormituksen arvioidaan kasvavan tai pysyvän ennallaan sivukiviläjitysmäärien pysyessä nykyisellä tasolla, mutta vähitellen pienentyvän läjitystoiminnan päättyessä. Selvästi taustasta kohonneita typpipitoisuuksia arvioidaan esiintyvän suotovesissä vielä kymmeniä vuosia läjityksen päättymisen jälkeen. Sivukivitäytön ei havaittu aiheuttavan Ansanmäen läjitysalueella vaikutuksia pohjaveden laatuun, minkä selvityksissä arvioitiin osaksi johtuvan läjitysalueen alapuolisen hienoainespitoisen maaperän tiivistymisestä sivukivitäytön alla. (Ramboll, 2016 a ja b, Envineer, 2020).

Selvityksessä vuonna 2020 kiinnitettiin huomiota Ansanmäen suotovesien kohonneeseen sulfaattipitoisuuteen, jonka arvioitiin pääosin johtuvan alueen maisemoinnissa käytetyistä Särkijärven sulfidia sisältävistä sedimenttimaista ja osin sivukivien pinnoilta liukenevasta sulfaatista. Sivukivien laadusta johtuen, sulfaattia ei kuitenkaan arvioida liukenevan sivukivistä niin paljon, että se riittäisi nostamaan sulfaattipitoisuutta kovinkaan korkeaksi. Läjitetävän sivukiven määrän kasvaessa kasvaa olennaisesti myös sulfaattien liukenemispinta-ala ja edelleen sulfaattikuormituksen määrä. Tällä ei kuitenkaan arvioitu olevan merkittävää vaikutusta sulfaattikuormituksen suuruuteen. (Envineer, 2020).

Sivukivialueiden läjityksen typen ja sulfaatin ainetasetta pitkällä aikavälillä arvioitiin lisäselvityksessä vuonna 2023 (Envineer). Ainetaselaskelmat perustuivat sivukivelle tehtyihin uusiin liukoisuus- ja kolonnitesteihin ja parametreja kalibroitiin Ansanmäen suotovesivirtaaman ja suotoveden

laadun perusteella. Ainetaselaskelmien tuloksissa sivukivistä aiheutuva typpi- ja sulfaattikuormitus näkyi kumuloituvan läjityskorkeuden kasvaessa. Sulkemisen jälkeen typpikuormituksen arvioitiin puolittuvan noin kymmenen vuoden aikana ja sulfaattikuormituksen noin viiden vuoden aikana, jonka jälkeen kuormitusten pieneminen tasaantuisi. Yaralla on käynnissä selvityksiä kaivannaisjätteiden pitkäaikaikäyttyymisestä ja siinä yhteydessä tehdään lisäselvityksiä sulfaatin alkuperästä. (Envineer, 2020).

Orgaaninen hiili (DOC) näkyi joissakin tuloksissa, minkä arvioitiin selittyvän Länsiläjityksen osittaisen maisemoinnin ja karikkeesta liunneen hiilen päätyminenä näytteeseen. (Ramboll 2016, Envineer, 2020).

### 3.3.3 Sivukivien lajittelu ja hyödyntäminen

Sivukivi lajitellaan louhinnan yhteydessä kivilajien mukaan. Kiisupitoista sivukiveä on hyvin vähän ja se sijoitetaan sivukivien läjitysalueiden keskiosiin, jolloin mahdollisesti happamammat suotovedet neutralisoituvat ennen niiden suotautumista ojiin.

Louhinnassa hyödynnettävissä olevat kivilajit lajitellaan niiden geoteknisten ominaisuuksien mukaan ja kuljetetaan Yara Siilinjärven maanrakennuskohteisiin, rikastushiekka-alueiden rakenteisiin, välivarastoidaan sille erikseen osoitetuilla alueilla tai murskataan sille erikseen osoitetuilla sivukiven murskausalueilla.

Voimassa olevan ympäristöluvan mukaan (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019, määräys 33) *sivukivi, joka välittömästi tai kohtuullisen lyhyen varastointiajan jälkeen toimitetaan rakennustoiminnassa tai muussa toiminnassa käytettäväksi ei ole jätettä edellyttäen, ettei kivi omaa haponmuodostuspotentiaalia tai sisällä ympäristön kannalta merkittävässä määrin haitallisia metalleja ja että se soveltuu muidenkin ominaisuuksiensa puolesta hyödynnettäväksi materiaalina.*

Yara hyödyntää pääosan hyödynnettävissä olevasta sivukivestä omissa rakennuskohteissaan, vuosittain noin 10–30 %. Hyödynnettävät sivukivet ajetaan louhoksesta erikseen määritetyille sivukiven välivarastointialueelle. Sivukiveä pyritään hyödyntämään myös toimipaikan ulkopuolisissa kohteissa, ja mahdollisia uusia hyödyntämiskohteita selvitetään jatkuvasti. Mahdollisia hyödyntämiskohteita ovat infrarakennusprojektit sekä rakennusteollisuus. Kaupallista hyödyntämistä rajoittaa se, ettei kaivosturvallisuuden takaamiseksi voida sallia ulkopuolista liikennettä alueella. Lisäksi varastoalueet sijaitsevat kaukana mahdollisista hyödyntämiskohteista.

### 3.3.4 Läjitysalueiden rakenteet ja läjitystapa

Sivukivialueet on perustettu pohjamaan päälle ilman pohjarakenteita. Hankealueen maaperä koostuu pääosin hienoainespitoisista moreeneista sekä muista hienojakoisista kerrostumista. Alueella esiintyy myös paljon kalliomaata ja kalliopaljastumia. Alueella esiintyy myös vähäisessä määrin hiekkaa, silttiä, savea ja turvetta. Alueen maaperä on suurimmaksi osaksi huonosti vettä johtavaa.

Sivukiviä läjitetään siten, että läjitysalueen ulkoreunalle tehdään suojavalli, joka toimii meluvallina lähimpien häiriintyvien kohteiden suuntaan. Läjitys yöaikaan tehdään ainoastaan meluvallin suojassa. Sivukivet läjitetään portaittain siten, että ulkoluisikan kaltevuus on 1:1,1 ja korkeussuunnassa noin 20 m välein tehdään tasanteet, jotka parantavat kasan stabiliteettia ja mahdollistavat turvallisen liikkumisen alueella. Tasanteiden leveys oli vuoteen 2019 saakka 12 m ja myöhemmin 17 m. Tasanteiden leventämisellä lisättiin kokonaisvarmuutta liukupintasortumaa vastaan 1,3 → 1,5. (Pöyry, 2019)

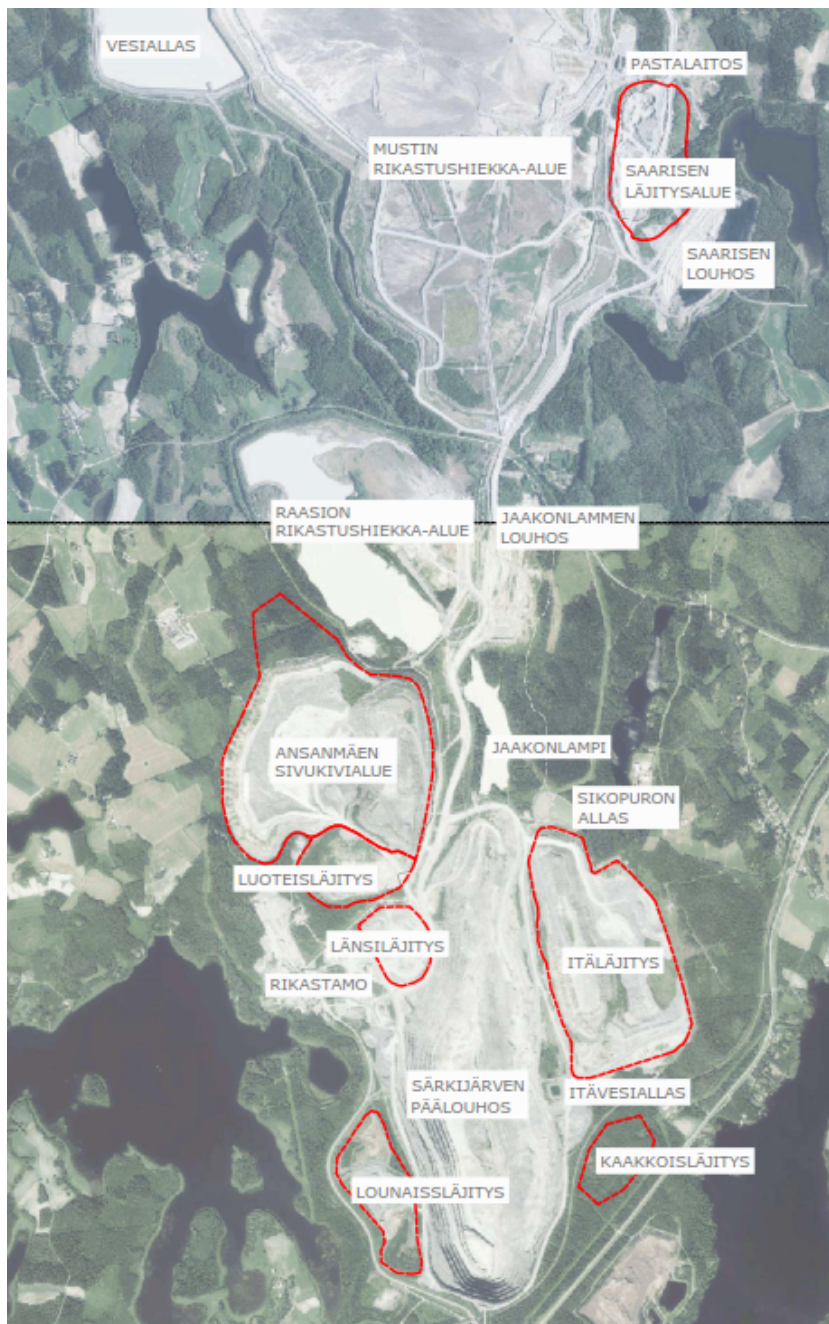
Tasanteiden pinta kiilautuu louheen kuljetuksen ja läjityksen yhteydessä tiiviiksi. Tasanteita maisemoidaan toiminnan aikana niiltä osin, kun läjitysalue saavuttaa lopullisen muodon ja maisemointimateriaalia on saatavissa, (Kuva 3-1). Lakialue muotoillaan lopuksi ulospäin viettäväksi.



**Kuva 3-1. Sivukivialueen maisemoitua tasannetta.**

### 3.3.5 Läjitysalueiden kuvaus

Sivukiveä läjitetään Ansanmäen, Itäläjityksen ja Saarisen läjitysalueille, kunnes alueet ovat täynnä. Vanhimmat sivukivialueet; Kaakkoisläjitys ja Luoteisläjitys, on jo suljettu ja maisemoitu kasvukeroksella, Länsiläjityksen läjitysalueelta sivukivet on hyötykäytetty ja osa on käytetty malmina rikastamon syötteenä. Osaksi suljettua Lounaisläjityksen aluetta käytetään sivukivien ja ylijäämämaiten välivarastointiin ja suljettua Kaakkoisläjityksen aluetta käytetään patorakenteisiin tarkoitettujen moreenimaiden välivarastointialueena. (Kuva 3-2). Vuoden 2022 lopussa sivukivialueita oli yhteensä 342 ha, josta oli suljettu noin 91,2 ha (Yara, ympäristöraportti 2022).



**Kuva 3-2. Sivukiven läjitysalueet (rajattu punaisella katkoviivalla), Kaakkoisläjätyksen rajausta arvioitu. (Ortokuva: MML, paikkatieto. Muokaus Ramboll, 20.9.2023).**

#### *Ansanmäen sivukivialue*

Ansanmäen sivukivialue sijaitsee päälouhoksen luoteispuolella. Nykyisen ympäristöluvan (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) mukaisesti Ansanmäen kokonaispinta-ala tulee laajimmillaan olemaan noin 139 ha. Alueen lakikorkeus on +230 m mpy, ja sitä vastaava kokonaistilavuus on 91 milj.m<sup>3</sup>.

Ansanmäen läjitysalueen maaperä on pääosin tiivistä ja huonosti vettä johtavaa hienoainesmoreenia, jota esiintyy kalliomaiden väleissä. Läjitysalueen lounaisreuna rajautuu laajempaan savilinssiin, jonka alta purkautuu paineellista pohjavettä paksusta sora/soramoreeni kerroksesta. Alueen

pohjavesiesiintymien arvioidaan olevan toisistaan erillisiä ja pienialaisia. Pohjaveden päävirtaus-suunta on karttatarkastelun perusteella kohti länsi/lounasta. Pohjaveden laatua seurataan savilins-sin kohdalta pohjavesiputkesta KA31. (Envineer. 2020)

Suurin osa (125 ha) Ansamäen läjitysalueesta sijaitsee Ansamäenpuron valuma-alueella ja läjitys-alueen pinta- ja suotovedet purkavat ojastoja pitkin pääosin maaston luontaisen pinnan mukaan Ansamäenpuroon ja lopulta Sulkavanjärveen. Ansamäenpuron valuma-alue ulottuu jonkin verran läjitysalueen pohjoispuolelle. Sivukivialueen keskellä sijaitsee lähde, jossa muodostuu pieni määrä pintavettä. Ansamäen itäreunan vedet ohjautuvat Jaakonlampeen ja läntisimmän kulmauksen ve-det Peltosenjokea pitkin länteen Tuli-Koivuseen, joka laskee Sulkavanjärveen. Ansamäen etelä-osassa sijaitsee jo suljettu *Luoteisläjityksen alue*, jonka vedet ohjautuvat puoliksi Ansamäenpu-roon ja puoliksi etelään, Kuva 3-3.

#### *Itäläjityksen sivukivialue*

Itäläjityksen sivukivialue sijaitsee päälouhoksen itäpuolella. Nykyisen ympäristöluvan (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) mukaisesti, Itäläjityksen pinta-ala tulee laajimmil-laan olemaan noin 96 ha ja alueen lakikorkeus +240 m mpy, ja sitä vastaava kokonaistilavuus 72 milj.m<sup>3</sup>.

Itäläjityksen alueella maaperä on pääosin hienoainesmoreenia. Alueella on myös vähäisiä määriä kalliomaata, savea ja turvetta. Läjitysalueen alla on sijainnut Sikopuron uoma, joka on siirretty läjitysalueen länsipuolelle rakennetulla putkilinjalla ja avo-ojalla. Itäläjityksen sivukivialueen suoto- ja valumavedet ohjautuvat Sikopuron uomaan ja edelleen Kuuslahteen. Itäreunassa on pieni alue, josta vedet ohjautuvat maastoon.

#### *Saarisen sivukivialue*

Nykyisen ympäristöluvan (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) mukaisesti Saarisen koko-naistäyttötilavuus tulee olemaan 15 milj. m<sup>3</sup>, kun pinta-ala on laajimmillaan 35 ha ja täytön laki-korkeus tasolla +210 m mpy.

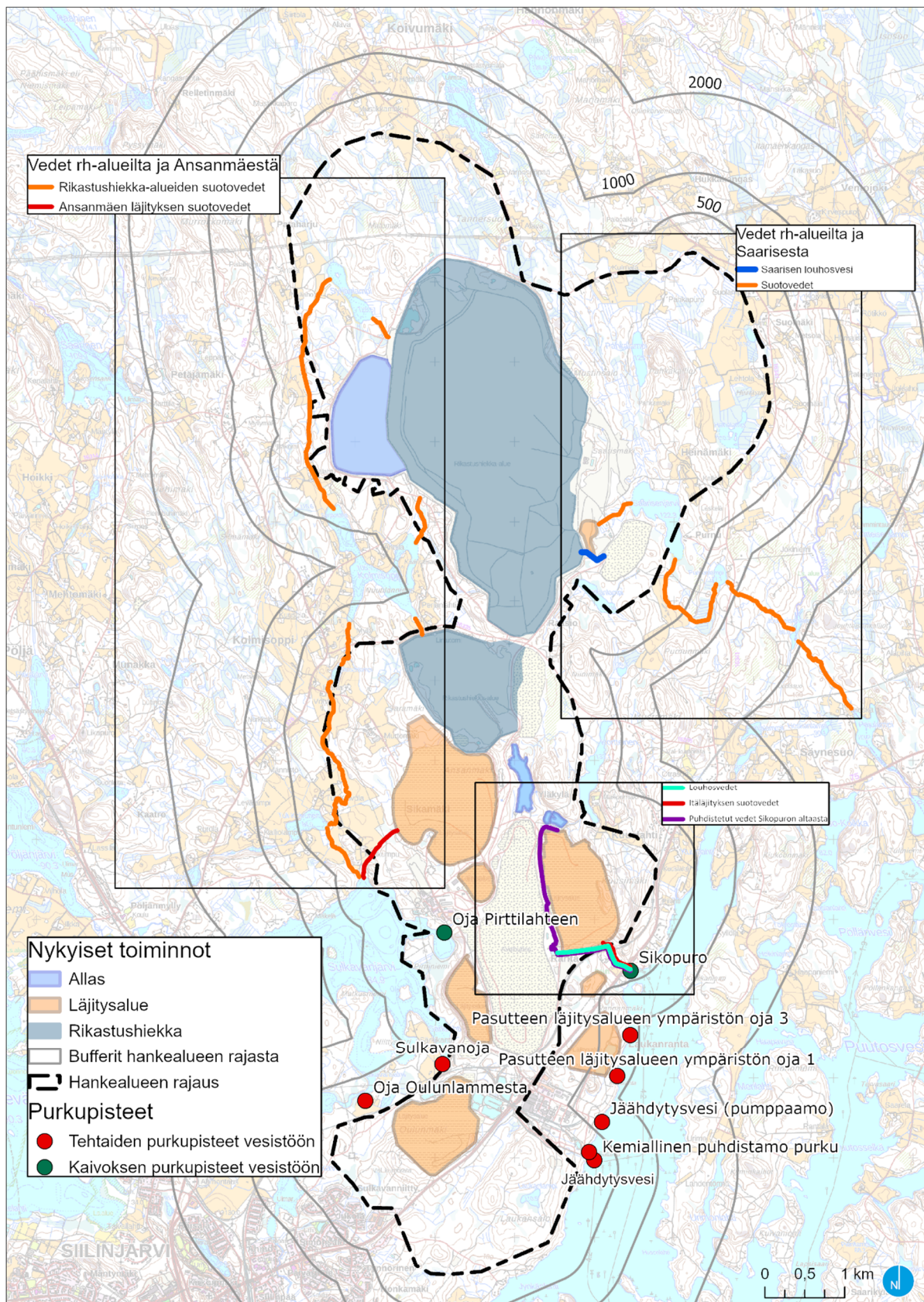
Saarisen läjitysalueen maaperä on pääosin hienoainesmoreenia ja kalliomaata. Saarisen läjityksen alueella esiintyy myös vähäisessä määrin turvetta. Länsirinteiden alavampiin notkelmiin on lajittu-nut hiekkaa, silttiä ja savea sekä jossain määrin turvetta. Saarisen alueen suoto- ja valumavedet ohjautuvat nykyisin ja tulevaisuudessa oja pitkin Saarisenjärveen. Louhokseen valuneet vedet pumpataan Mustin rikastushiekka-alueelle.

### 3.3.6 Sivukivien läjitysalueiden vesien hallinta

Sivukivialueiden sade- ja sulamisvedet valuvat joko kasan pintaa pitkin reunoille ja reunaojiin, tai imeytyvät kasaan muodostaen suotovettä. Osa suotovesistä ohjautuu luonnollisen maanpinnan mu-kaiseen purkusuuntaan ja osa imeytyy maaperään. Sivukivialueita ympäröivien alueiden valuma-vesiä sekoittuu jossain määrin sivukivialueiden ympärys- ja purkuojien vesiin.

Pääosa sivukivialueiden (Ansamäki, Luoteis-, Länsi- ja Lounaisläjitysalueet) suoto- ja valumave-sistä kulkeutuu Sulkavanjärven puolelle. Itäläjityksen ja Kaakkoisläjityksen alueilta vedet ohjautu-vat Sikopuron kautta Kuuslahteen (Kuva 3-3. Yaran toimipaikan nykyiset vesienjohtamisreitit ja kuormituspisteet (Ramboll 2023, YVA-selostus).Kuva 3-3).





Kuva 3-3. Yaran toimipaikan nykyiset vesienjohtamisreitit ja kuormituspisteet (Ramboll 2023, YVA-selostus).

### 3.4 Sivukivialueiden sulkeminen

#### *Sulkemistapa ja sulkemisrakenteet*

Sivukivialueiden sulkemisen tavoitteena on maisemoida kasat siten, että ne mahdollisimman hyvin sopeutuvat maisemakuvaan ja vähentää alueesta aiheutuvia ympäristöhaittoja, kuten pölyämistä ja vesistövaikutuksia sekä sulkea alue siten, että se on pitkänkin ajan kuluessa sekä fyysisesti että kemiallisesti vakaa muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.

Sivukivialueet suljetaan pintamaakerroksella vaiheittain, kunnes saavutetaan lopullinen täyttökorkeus. Maisemointi toteutetaan muotoilemalla läjitysalueen lakitasanne, peittämällä välitasanteet ja lakialue keskimäärin metrin vahvuisella maakerroksella ja jättämällä kasvittumaan luontaisesti. Luiskat ovat jyrkkiä eikä niitä maisemoida.

Maisemointirakenteella ei varsinaisesti tavoitella pinnan tiiviyyttä, mutta pintavaluntaa voidaan ohjata jonkin verran tasanteiden päältä purkuojiin. Kasvillisuus ja etenkin puusto lisäävät sekä haihduntaa että hiilen sidontaa. Kasojen sulkemisvaiheen hiilitasetta ei ole arvioitu.

Sulkemiseen on varauduttu ja varaudutaan läjittämällä soveltuvia kaivumaita kaivosalueelle, kuten avolouhosten avaamisen yhteydessä kaivettuja pintamaita tai kuivatettujen järvien pohjasedimenttejä. Maisemointimateriaaleilla voi olla suotovesien laatua heikentävä vaikutus ja siksi niiden laadunvalvontaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Varastoitujen pintamaiden määrä ja laatu on käsitelty kohdassa 5.2.

Mikäli suljettuja sivukivialueita laajennetaan tai sivukivialueille läjitettyä sivukiveä otetaan hyödynnettäväksi, puretaan tehtyä maisemointia tarvittavilta osin, ja maisemointimateriaaleja pyritään hyödyntämään uudelleen maisemoinnissa.

#### *Sulkemisrakenteiden vertailu parhaaseen saatavilla olevaan tekniikkaan*

Sulkemisrakenteiden vaatimukset määräytyvät kaivannaisjätteen ominaisuuksien ja sijaintipaikan olosuhteiden perusteella. Tehtyjen selvitysten perusteella Yaran rakennetut sivukivialueet eivät aiheuta riskiä ympäristölle tai ihmisille (Ramboll 2016, Envineer 2020) ja alueiden sulkeminen maisemointirakenteella on siten riittävä toimenpide.

Sivukivien läjitysalueiden sulkemiseen liittyviä toimenpiteitä on verrattu kaivannaisjätteiden hallinnan parhaisiin käyttökelpoisin tekniikoihin liitteessä 1.

#### *Sivukivialueiden sulkemistilanne ja materiaaliterve*

Sivukivialueiden pinta-alasta pintarakenteella suljettavien lakialueen ja tasanteiden arvioidaan olevan noin 40 % ja tarvittavien pintakerrosmateriaalin tarve noin 0,9 Mm<sup>3</sup>tr (Taulukko 3-3).

Materiaaliksi soveltuvat kaivumaat, jotka eivät sisällä ympäristön luontaista pitoisuutta korkeampia pitoisuuksia haitta-aineita tai ole sulfidimaita. Kompostimaat tai erityisen humuspitoiset maat voivat aiheuttaa purkuvesiin ravinnepiikin, joka tasoittuu muutaman vuoden kuluessa.



**Taulukko 3-3. Sivukiven läjitys- ja välivarastointialueet ja sulkemistilanne vuonna 2018. (Yara, ympäristöraportti 2022)**

| Sivukivialue     | Käyttötarkoitus                                             | Kokonais pinta-ala | Maisemoitu alue v. 2022 | Maisemoitava osuus avoimesta läjitysalueesta |      | Maisemointi-materiaalin tarve |
|------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|------|-------------------------------|
|                  |                                                             | [ha]               | [ha]                    | [%]                                          | [ha] | [m <sup>3</sup> ]             |
| Ansanmäki        | Sivukiven läjitys                                           | 128                | 37,4                    | 45 %                                         | 40,8 | 407 700                       |
| Itäläjäytys      | Sivukiven läjitys                                           | 96                 | 25,8                    | 50 %                                         | 35,1 | 351 000                       |
| Saarinen         | Sivukiven läjitys, hyödynnettävän sivukiven välivarastointi | 34,4               | 2                       | 40 %                                         | 13,0 | 129 600                       |
|                  | Murskeen välivarastointi                                    | 0,8                | 0                       | 40 %                                         | 0,3  | 3 200                         |
| Kaakkoiäläjäytys | Sivukiven läjitys                                           | 6,2                | 6,2                     | -                                            | -    | -                             |
| Lounaisläjäytys  | Sivukiven välivarastointialue                               | 33,2               | 26                      | 40 %                                         | 2,9  | 28 800                        |
|                  | Ylijäämämaiden läjitys                                      | 8,6                | -                       | -                                            | -    | -                             |
| Luoteisläjäytys  | Sivukiven välivarastointialue                               | 7                  | -                       | -                                            | -    | -                             |
|                  | Ylijäämämaiden läjitys                                      | 19                 | -                       | -                                            | -    | -                             |
| Länsiläjäytys    | Sivukiven välivarastointi                                   | 16                 | -                       | -                                            | -    | -                             |
| <b>Yhteensä</b>  |                                                             | <b>348,9</b>       | <b>97,4</b>             |                                              |      | <b>920 300</b>                |

*Epävarmuudet ja riskit sekä lisäselvitystarpeet*

Sulkemisvaiheen keskimääräistä vesitasetta on arvioitu kaivoksen laajentamisen YVA-selvitysten (2023) yhteydessä, mutta sulkemisvaiheen vesitaseessa olisi hyvä huomioida myös ilmastomuutoksen myötä lisääntyvät poikkeukselliset sadetapahtumat. Sulkemisen vesitase on tarpeen vesienhallintatoimien suunnitteluun ja mahdollisten tulvahaittojen estämiseksi pitkällä aikavälillä.

Sivukivien pinnasta liukenevan typen ja sulfaatin määrän on arvioitu puolittuvan alueesta riippuen 10–20 vuoden kuluessa sulkemisesta ja tasaantuvan sen jälkeen. Mahdollisten toiminnan aikaisten suotoveden kuormitusta vähentävien toimenpiteiden (selvitys tekeillä) arvioidaan siten olevan riittäviä myös sulkemisvaiheessa. Sivukivien pitkäaikaiskäyttäytymisestä on myös tekeillä lisäselvityksiä, missä yhteydessä selvitetään tarkemmin suotovesien sulfaatin alkuperää. Selvityksen perusteella voidaan arvioida suunniteltujen sulkemiskäytösten riittävyyttä. Pintamateriaalien laadun varmistus ja orgaanisesta aineesta aiheutuvan ravinnekuormituksen vähentäminen on tärkein sivukivialueiden sulkemisvaiheen vesien laatuun vaikuttava toimenpide, pintamateriaalit on käsitelty kohdassa 5.

Sivukivialueiden pohjavesivaikutusten on todettu olevan vähäisiä. Sulkemisvaiheessa avolouhosten täyttymisellä voi olla vaikutusta sivukivialueiden pohjavesipintaan ja virtaaman suuntiin, millä voi olla vaikutusta sivukivialueiden pohjavesivaikutuksiin.

Yaran sivukiven rapautumisella voi olla vaikutusta kasan stabiliteettiin ja painumiseen ja sitä kautta turvallisuuteen. Rapautuneen kiven geoteknisiä ja geokemiallisia ominaisuuksia voi olla perusteltua selvittää. Suljetuilta sivukivialueilta johdettavien sade- ja sulamisvesien uomat voivat jyrkällä täyttöalueella varioitua eroosiosta, mikä olisi hyvä huomioida alueiden muotoilussa ja tarvittaessa ojarakenteiden materiaalivalinnoissa.

Sivukivialueiden tunnistettuja riskejä ja mahdollisia epävarmuuksia on koottu taulukkoon (Taulukko 3-4).

**Taulukko 3-4. Sivukivialueiden sulkemiseen liittyvät epävarmuudet ja riskit sekä selvitystarpeet.**

| Riski tai epävarmuus         | Toimenpiteet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sivukiven hyödyntäminen      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sivukiven lajittelu huomioiden hyödyntämismahdollisuus sulkemisen jälkeen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                           |
| Sivukiven ominaisuudet       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sivukiven karakterisointi, käyttäytyminen pitkällä aikavälillä (tekeillä)</li> <li>Sivukiven rapautuminen pitkällä aikavälillä ja sen vaikutus kiven geoteknisiin ominaisuuksiin</li> </ul>                                                                                                    |
| Sivukivikasan käyttäytyminen | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kasan stabiliteetti sulkemisvaiheessa huomioiden mahdollinen kiven rapautuminen</li> <li>Kasan painuma-arvio</li> <li>Turvallisuusriskien arviointi pitkällä aikavälillä</li> </ul>                                                                                                            |
| Vesien hallinta              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sulkemisvaiheen vesitase huomioiden harvoin toistuvat sadetahtumat</li> <li>Pintavesien aiheuttaman eroosioriskin huomiointi vesienjohtamisrakenteissa</li> </ul>                                                                                                                              |
| Suotovesien käsittelytarve   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suotovesien tarkkailu; erityisesti typpikuormituksen kumuloitumisen ja sulfaattikuormituksen taseen seuranta</li> <li>Käsittelytarpeen arviointi sulkemisen jälkeen ja mahdolliset toimenpiteet (tekeillä selvitys, joilla suotovesikuormitusta voidaan pienentää toiminnan aikana)</li> </ul> |

### 3.5 Rikastushiekka-alueet

Rikastushiekkaa muodostuu rikastuksen yhteydessä vuodessa enintään 13 Mt. Rikastushiekka pumpataan rikastamolta sakeutuslaitokselle, josta sakeutettu pastamainen rikastushiekka pumpataan Mustin rikastushiekka-altaalle. Häiriötilanteessa, mikäli rikastushiekkaa ei voida pumpata rikastushiekan sakeutuslaitokselle, pumpataan se Raasion altaalle, häiriötilanteita on keskimäärin muutama päivänä vuodessa. Läjitystä tehdään täyttösuunnitelman mukaisesti, kunnes täytön laki on maksimikorkeudessa, noin vuonna 2035.

Rikastushiekka on luokiteltu Itä-Suomen Aluehallintoviraston ympäristölupapäätöksessä (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) pysyväksi vaarattomaksi jätteeksi (jäteluokitussnumero 010412). Rikastushiekka-altaan padot on luokiteltu 1-luokan padoiksi patoviranomaisen toimesta ja ympäristöviranomaisen on luokitellut tästä johtuen kaivannaisjätealueet suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaviksi kaivannaisjätealueiksi.

#### 3.5.1 Rikastushiekka-altaiden sulkemista koskevat viranomaismääräykset

Voimassa olevassa ympäristöluvassa (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) on rikastushiekka-alueista ja sulkemisesta määrätty seuraavaa:

- 34 *Mustin ja Raasion rikastushiekka-altaat on luokiteltu suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Mustin altaan pinta-ala on noin 800 ha, josta vesiallasta noin 100 ha. Raasion altaan pinta-ala on 170 ha, josta vesiallasta noin 70 ha.*

*...Mustin rikastushiekka-alueen padon harjakorkeus on enintään +175 mpy ja rikastushiekan lakikorkeus +230 mpy. Vesialtaan padon harjakorkeus on enintään +142 mpy*

*... Raasion ja Mustin rikastushiekan läjitysalueet on jälkihoidettava. Jälkihoitotöihin kuuluu tarpeen mukaan läjitysalueen pinnan muotoilu, pintakerroksen rakentaminen ja maisemointi sekä alueen suoto- ja valumavesien kerääminen ja johtaminen sekä alueen kunnossapito ja tarkkailu.*

### 3.5.2 Rikastushiekka-alueelle läjitettävien kaivannaisjätteiden ja niistä suotautuvan veden ominaisuudet

#### *Rikastushiekan mineraalikoostumus ja kaivannaisjäteluokitus*

Rikastushiekka on malmin rikastuksessa syntyvä sivutuote, kun malmista erotetaan sen sisältämät arvomineraalit - Yaran malmissa niitä ovat apatiitti (noin 10 %) ja kalsiitti (noin 20 %). Rikastushiekasta voidaan lisäksi erottaa kiillemineraaleja ja biotiittia. (Ramboll, 2020)

Rikastushiekan päämineraaleja ovat flogopiitti (kiille) sekä karbonaattimineraalit kalsiitti (9–19 %) ja dolomiitti (1,5–5 %). Lisäksi rikastushiekka sisältää maasälpä, amfibolia, dolomiittia, biotiittia, pyrokseeneja ja apatiittia sekä hyvin pieniä määriä (yht. <0,05 %) sulfidimineraaleja (rikkikiisu ja magneettikiisu). Rikastushiekan on todettu olevan ei-happoa tuottavaa (NAF). (Yara, 2020)

#### *Rikastushiekan jäteominaisuudet*

Yaran rikastushiekka on Itä-Suomen aluehallintoviraston antamassa, voimassa olevassa ympäristöluvan päivityksessä, luokiteltu pysyväksi tavanomaiseksi (nyk. vaaraton) jätteeksi (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019). Rikastushiekan jäteominaisuudet, kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet alittavat kaikilta osilta pysyvän jätteen raja-arvot. Rikastushiekka-alueen suotovedet sisältävät ympäristöä tavanomaista korkeampia sulfaatin ja fosforin pitoisuuksia.

#### *Vesienkäsittelyn sakat*

Raasion rikastushiekka-altaalle läjitetään Sikopuron vesienkäsittelyaltaan sakka, joka on riskinarvion perusteella luokiteltavissa pysyväksi, tavanomaiseksi jätteeksi. Sikopuron sakka sijoitetaan rikastushiekan päälle sivukivellä rajatuille alueille. Sakkojen osuus oli vuonna 2019 noin 0,5 % rikastushiekka-altaan täyttötilavuudesta ja sakkojen läjitysalueiden pinta-ala oli noin 5 % Raasion altaan pinta-alasta. (Envineer, 2019)

Sakan rikkipitoisuus analysoiduissa näytteissä oli 0,13...0,24 % ja epäorgaanisen fluorin pitoisuus oli tasolla 0,09...0,15 %. Sakan neutralointipotentiaali (ANC) oli 16,4, jonka perusteella riskinarvioissa pääteltiin, että sakka ei ole happoa muodostavaa. Liukoisen fluoridin pitoisuus kaikissa analysoiduissa näytteissä, ja liukoisen sulfaatin pitoisuus sekä liukoisten aineiden kokonaispitoisuus kolmessa näytteessä ylittivät pysyvän jätteen raja-arvot. (Envineer, 2019)

Verrattuina Vna:ssa 214/2007 (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista) esitettyihin viitearvoihin, kaikkien sakkanäytteistä määritettyjen alkuaineiden ja orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet alittavat kynnysarvotason. Verrattuina kaatopaikka-asetuksen (Vna 331/2013) mukaisiin viitearvoihin, sakkanäytteiden kokonaisorgaanisen hiilen (TOC) pitoisuus ja haitta-aineiden kokonaispitoisuudet alittavat pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoitettavaa jätettä koskevat raja-arvot. (Envineer, 2019)

### *Rikastushiekka-altaiden suotoveden laatu tarkkailutulosten perusteella*

Rikastushiekka-altaiden suotovesien sulfaatti- ja fluoridipitoisuus, pH ja sähkönjohtavuus ovat luonnonvesiä korkeampia. Sulfaatti on peräisin rikastusprosessissa käytetystä rikkihaposta ja sen pitoisuudessa tai kuormituksessa ei ole esiintynyt suurta vaihtelua viime vuosina. Fluoridia on käytetty merkkiaineena suotautuvien vesien kokonaismäärän arvioinnissa. Typen pitoisuudet ja ainevirtaamat ovat huomattavia Mustin rikastushiekka-alueen reunapadon itäpuolen eteläosassa. Suotovesien fosforipitoisuudet ovat olleet tyypillisesti erittäin pieniä, mutta viimeisten vuosien aikana on ollut viitteitä fosforikuormituksen kasvusta (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019). Fosfori ei ole suotovesissä liukoisessa muodossa. Yaralla on käynnissä selvitys fosforin alkuperästä, mutta tämän hetkisen käsityksen mukaan fosforia on kulkeutunut aikojen kuluessa prosessista, eri lähteistä. Yaralla on käynnissä kokeita rikastushiekan pitkäaikaikäyttämistä.

Raasion rikastushiekka-alueen vesivarastosta suotautuvien vesien laatuun vaikuttaa lisäksi prosessikierron vesien laatu ja Sikopuron allaspuhdistamon sakkojen laatu. Riskinarvion mukaan vesien käsittelyn sakoilla ei ole sellaisia fysikaalisia tai kemiallisia vaikutuksia eikä vaikutuksia vesien laatuun, jotka aiheuttaisivat haittaa rikastushiekka-alueen rakenteisiin tai stabiliteettiin, alapuolisen rikastushiekkatäytön kemiallista muuntumista tai haitta-aineiden liukoisuuksien kohoamista eikä merkittävää fluoridi- tai sulfaattikuormitusta alueen vesiin. (Envineer, 2019)

### *Geotekniset ominaisuudet*

Rikastushiekka lajittuu läjityksen yhteydessä ja hiekan hienoainespitoisuus ja rakeisuus vaihtelevat täytön eri osissa. Rakeisuudeltaan rikastushiekka vastaa hienoa tai keskihiekkaa, mutta ominaisuuksiltaan se luokituu silttiseen hiekkaan. Sakeutetun rikastushiekan kiintoainespitoisuus on noin 70 %. Hienoainespitoisuus on aiemmin vaihdellut 13–22 % ja pastalaitoksen käyttöönoton (v. 2017) jälkeen 25–26 %. Rikastushiekan vedenläpäisevyyden k-arvo vaihtelee tiivistymisen ja hiekan hienoainespitoisuuden ( $<0,063$  mm) mukaan  $2,4 \times 10^{-8}$ ... $8,3 \times 10^{-7}$  m/s välillä ja kitkakulma välillä  $\phi$  27°...30°.

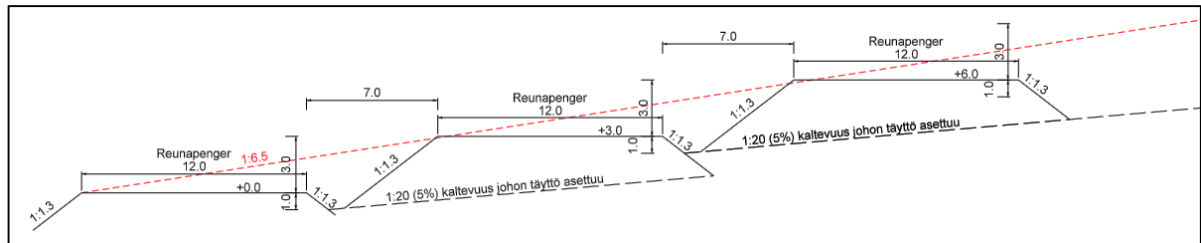
#### 3.5.3 Rikastushiekka-altaiden rakenteet ja läjitystapa

Mustin ja Raasion rikastushiekka-altaat on rajattu padoilla maastoon ja rikastushiekka on läjitetty suoraan pohjamaan päälle.

Rikastushiekka-altaiden reunapadot ovat 1-luokan homogeenisia moreenipatoja tai vyöhykepatoja. Padot on sijoitettu korkeiden maastonkohtien väliin ja niitä on jatkettu ja korotettu vaihteittain läjityskorkeuden noustessa ja läjityksen laajentuessa. Patorakenteiden pohjilta on poistettu kasvillisuus, humus ja pehmeät maakerrostumat koko rakennettavan patopohjan leveydeltä kantavan kitkamaan, tiiviin moreenikerrostuman tai kallion pintaan asti. Rikkonaisilla kallio-osuuksilla kalliota on tiivistetty injektoimalla ja slammaamalla. Patojen suunnittelussa, rakentamisessa, luokittelussa ja tarkkailussa sekä käytöstä poistossa noudatetaan patoturvallisuuslain ja ympäristöluvan vaatimuksia sekä asianomaisten viranomaisten ohjeita. Patorakenteita ei käsitellä em syistä tässä selostuksessa tarkemmin.

Rikastushiekkapasta pumpataan rikastushiekka-altaiden itäpuolelta läjitysalueen päälle, joista se läjittyy noin 3,5° kulmaan ja rajautuu 1:6,5 kaltevuuteen rakennettuihin louhetukipenkereisiin, (Kuva 3-4). Tukipenkereiden avulla täytön korkeutta ja tilavuutta on voitu nostaa ilman, että täytön stabiliteetti vaarantuu. Rakenteen stabiliteetti on laskelmien mukaan riittävä ( $>1,5$ ) nykyisen ympäristöluvan mukaiselle enimmäistäyttötasolle +230 saakka normaaleissa sekä poikkeuksellisen mörissä olosuhteissa (Ramboll, 2017).

Tukipenkereet sijoittuvat varsinaisen padon sisäpuolelle ja niiden ja padon väliin suotautuu täytön suotovesiä. Tukipenkereiden tukkeutuminen hienoaineksesta ja sitä kautta vedenläpäisevyyden pieneneminen voi nostaa sisäistä vesipintaa, mutta stabiliteetin on todettu olevan riittävä ( $>1,5$ ) myös vedellä kyllästyneessä tilassa.



**Kuva 3-4. Pastan tukipenkereen tyyppipoikkileikkaus ja korotusperiaate (Kuva Ramboll, 2017).**

Läjitystä ohjataan rikastushiekkalinjoja siirtämällä, mikä vähentää myös hiekan pölyämistä. Hiekan pölyämistä vähentää hiekan pintaan pian läjityksen lopettamisen jälkeen muodostuva kasvillisuus ja kasvittumista voidaan tarvittaessa myös nopeuttaa kylvöillä. Hiekan kantavuutta voidaan parantaa putki- ja tierakenteiden alla sivukivilouheella ja murskeella. (Yara, 2020)

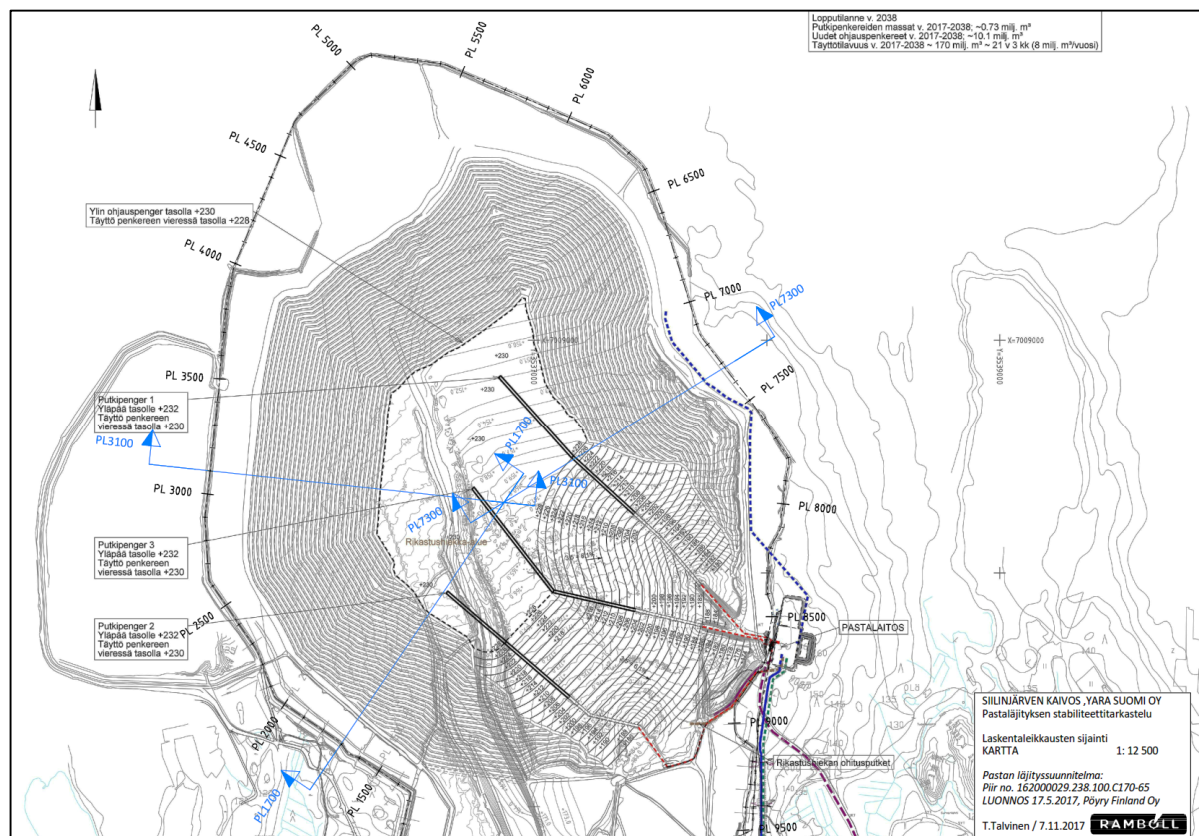
Sikopuron vesienkäsittelylaitaiden sakka sijoitetaan Raasion rikastushiekka-alueelle louhepenkeillä rajatuille kahdelle erilliselle alueelle.

#### 3.5.4 Rikastushiekka-alueet

##### *Mustin rikastushiekka-alue*

Rikastushiekkaa läjitetään nykyisin Mustin rikastushiekka-alueelle. Alue otettiin rikastushiekan läjitykseen 1980-luvun alussa. Mustin rikastushiekka-alueen koko on 800 ha, suunniteltu lakikorkeus on +230 m mpy ja enimmäistilavuus noin 380 milj. m<sup>3</sup>, (Kuva 3-5) Läjitystilavuuden arvioidaan riittävän noin vuoteen 2035 asti. Rikastushiekka-alueen reunapadon korkeus on enintään +175 m mpy ja vesialtaan padon harjakorkeus enintään +142 m mpy.

Alueen maaperä muodostuu pääasiassa hienoainespitoisesta moreenista, kalliomaasta sekä muista hienorakeisista kerrostumista. Hienoainespitoisuuden takia moreeni alueella on yleisesti huonosti vettä läpäisevää.



Kuva 3-5. Pastan lähityssuunnitelma tasolle +230 (Kuva Ramboll, 2017).

### Raasion rikastushiekka-alue

Raasion rikastushiekka-alue otettiin noin kymmenen vuotta aiemmin käyttöön kuin Mustin rikastushiekka-alue. Nykyisin Raasion rikastushiekka-alueesta lähes puolet toimii prosessikierron vesivarastona, vesialueen koko on noin 70 ha ja reunapatojen harjakorkeus on tasolla +137...+142 m mpy. Raasion rikastushiekka-alueen kokonaispinta-ala on 170 ha ja lähitystilavuutta alueella on noin 6 milj. m<sup>3</sup>. Raasion alueen pohjaolosuhteiden arvioidaan olevan alueelle tyypilliset.

Rikastushiekkaa lähitetään Raasion alueelle vain käyttö- ja huoltokatkojen aikana, noin 1–4 kertaa vuodessa. Lisäksi alueelle lähitetään Sikopuron vesienkäsittelylaitoksen sakkoja vuosittain noin 1500...2500 m<sup>3</sup>tr. Nykyisin sakat sijoitetaan Itäiselle alueelle, jonne on lähitetty noin 35000 m<sup>3</sup>tr sakkoja (v. 2023 tilanne). Aiemmin käytössä ollut Eteläinen alue on nykyisin varalla, sinne on lähitetty noin 20000 m<sup>3</sup>tr sakkoja.

#### 3.5.5 Rikastushiekka-alueiden vesien hallinnan periaatteet

Rikastushiekasta erottuu hiekan kuivuessa vettä, joka pääosin suotautuu lähityksen ja sitä rajaavien louhetukipenkereiden läpi vesivarastoalueelle tai haihtuu täytön pinnasta tai kasvillisuuden kautta. Lisäksi suotovettä imeytyy täyttö- ja vesialueen maaperään. Reunapadot ovat heikosti vettä läpäiseviä, ja vesivarastosta suotautuu patojen läpi vettä suotovesien keruuojiin, jotka yhdistyvät alueen luontaisiin ojiin/painanteisiin. Reunapatojen ulkopuolelle vesiä suotautuu eniten luonnollisen maanpinnan alavimmista kohdista. Ympäristöluvan mukaan *patojen suoto- ja valumavedet on kerättävä ojastoon tai muulla tavoin siten, että niiden määrää ja laatua voidaan tarkkailla ja tarvittaessa*

*johtaa takaisin rikastusprosessin vesikiertoon (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI1499/2019, määräys 34).*

Mustin vesiallas otettiin käyttöön vuonna 2007 Mustin rikastushiekka-alueen suoto- ja hulevesien vuodenaikaisvaihtelun tasaamiseksi ja laskeuttamiseksi, kun Mustin rikastushiekka-alue alkoi täytyä rikastushiekalla. Vesiallas sijaitsee Mustin rikastushiekka-alueen länsipuolella ja sinne ohjataan suoto- ja valumavesiä Mustin rikastushiekka-alueen vesivarastosta ja lisäksi pastalaitoksen ylitevesiä. Pastan ylitevedet sekoittuvat Mustin altaassa altaan muuhun vesikiertoon. Mustin vesialtaasta vedet pumpataan Raasion vesivarastoon.

Raasion rikastushiekka-altaasta vedet ohjataan nykyisin venttiilillä varustetun ylivuotorakenteen kautta Jaakonlampeen, mutta tulevaisuudessa vedet ohjataan allaspuhdistamoon ja siitä edelleen Kuuslahteen johtavaan Sikopuroon. Raasion rikastushiekka-alueen vesivarastossa tasataan prosessi- ja hulevesiä, alueella läjitettävistä massoista erottuu vain vähän lisävettä altaaseen.

### **3.6 Rikastushiekka-alueiden sulkeminen**

#### **3.6.1 Sulkemistapa ja sulkemISRakenteet**

Rikastushiekka-alueiden sulkemisen tavoitteena on vähentää alueesta aiheutuvia ympäristöhaittoja, kuten pölyämistä ja vesistövaikutuksia sekä sulkea alue siten, että se on pitkänkin ajan kuluessa sekä fyysisesti että kemiallisesti vakaa muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Sulkemisen pintarakenteella ei tavoitella vesitiiveyttä, vaikka sulkemisen jälkeen toiminnan aikaiseen valuntaan verrattuna suurempi osa hulevesistä valuukin pintavaluntana suoraan rikastushiekka-alueen vesivarastoon.

Yaran tavoitteen on pyrkiä säilyttämään rikastushiekka-alueelle muodostunut monipuolinen lintukosteikko ja kasvillisuus. Pääosa maisemoituneista alueista on muodostunut luontaisesti läjityksen lopettamisen jälkeen ja alueille on kehittynyt Itämeren rantojen ja heinittyneiden aromaisen kaltaisia luontotyypppejä, jotka sisältävät myös joitain harvinaisempia kasveja.

Rikastushiekan päälle ei rakenneta tiivistä pintarakennetta vaan kasvukerros, jolla voidaan nopeuttaa kasvillisuuden kehittymistä. Kasvukerroksen päälle levitettävän siemenseoksen kasvivalinnalla voidaan vaikuttaa tarvittaessa alueelle muodostuvaan kasvillisuuteen, lisätä alueen biodiversiteettiä ja vaikuttaa hiilen sidontaan. Kasvillisuus estää myös pölyämistä ja lisää haihduntaa.

Sulkemisen jälkeen vesivarastoon kertyvät suoto- ja hulevedet johdetaan tämän hetkisen suunnitelman mukaan toiminnan aikaisia vesikiertoreittejä pitkin purkuun eli vesienpuhdistuksen ja Sikopuron kautta Kuuslahteen niin kauan kuin vesien laatu sitä edellyttää. Suunnitelmaan voi tulla muutoksia sulkemissuunnittelun tarkentuessa.

Rikastushiekan läjitysalueet muotoillaan niin, ettei alueella ole vettä kerääviä painanteita. Hiekka-pinta-alueet peitetään ohuella (noin 0,1...0,3 m vahvuisella) kasvukerroksella, joka nurmetaan. Kasvukerroksen rakentaminen on mahdollista, kun hiekka on kuivunut ja tiivistynyt niin, että sen kantavuus on riittävä. Kulkuväylien kantavuutta voidaan tarvittaessa parantaa sivukivimurskeen avulla, jonka alle levitetään joko suodatinkangas tai lujiteverkko.

Reunapadot jäävät ennalleen ja niitä tarkkaillaan ja pidetään kunnossa niitä koskevien lakien ja viranomaispäätösten mukaisesti. Hiekan läjityksen päättyessä rikastushiekan sisäinen vesipinta laskee alimmillaan vesivaraston vedenpinnan tasolle ja hiekka kuivuu ja tiivistyy. Rikastushiekka-alueiden vesivaraston ylivuototaso jää toiminnan aikaiselle tasolle.

Hiekan pinta viettää loivasti reunoja ja tukipenkereistä koostuvaa loivaa luiskaa kohti. Sade- ja sulamisvedet valuvat sulkemisen jälkeen osaksi pintavaluntana läjitysalueen vesivarastoon ja osaksi imeytyvät kasvukerroksen läpi ja suotautuvat rikastushiekkatäytössä vesivarastoihin tai imeytyvät maaperään.

Rikastushiekka-alueiden sulkeminen vaiheittaisesti on hiekan läjitystavan takia rajallista. Laajoilta rikastushiekka-alueilta muodostuu sulkemisen jälkeen toiminta-aikaa enemmän pintavaluntavesiä ja riski valumavesien aiheuttamalle eroosiolle kasvaa. Kasvillisuus pienentää eroosion riskiä ja tarvittaessa läjityksen jiirikohtiin rakennetaan eroosiosuojaus sivukivilouheesta pintavesien eroosion estämiseksi.

**Mustin rikastushiekka-alueella** rikastushiekan läjitys jatkuu VE0 vaihtoehdossa, kunnes täyttö on luvan mukaisella tasolla +230. Eteläosan aluetta täytetään nykyisen luvan mukaisesti Jaakonlammen pohjasedimentillä. Rikastushiekka-alue suljetaan toiminnan päätyttyä kasvukerroksella, maisemoitunut ketoalue jää osittain ennalleen.

Mustin rikastushiekka-alueella tukipenkereiden ja reunapatojen välissä on vesivarasto ja kosteikko, jotka jäävät ennalleen. Sulkemisen jälkeen rikastushiekka-alueelle ei johdeta enää pastalaitoksen prosessivesiä eikä Saarisen louhoksen kuivatusvesiä. Nykytiedon mukaan Mustin vesiallas jää käyttöön ja sen vedet johdetaan nykyisiä vesikierron reittejä puhdistukseen ja purkuun niin kauan kuin vesien laatu sitä edellyttää. Mustin reunapatojen läpi suotautuu vesiä alueen ympärysojiin, jotka pääosin laskevat Kolmisoppeen.

Mustin rikastushiekka-alueen sisäinen vesipinta pysyy sulkemisenkin jälkeen alimmillaan vesivaraston ylivuototasolla. Mikäli vesipintaa saataisiin sulkemisen jälkeen laskettua alemmaksi mahdollisesti uusien vesienjohtamisjärjestelyiden avulla, voitaisiin pitkällä aikavälillä saavuttaa tilanne, missä rikastushiekan läjitys vastaisi kuivaläjitystä ja rikastushiekka-alueen reunapadoilla ei olisi enää käyttötarkoitusta. Tällöin reunapatoja voitaisiin esittää lakkautettavaksi patoturvallisuuslain perusteella ja patoviranomaisen päätöksellä. Mustin vesialtaan patoja tarvitaan niin pitkään kuin allas on mukana vesikierrossa.

**Raasion rikastushiekka-alueen** itäosan rikastushiekkatäyttö on osittain maisemoitunut. Alueet, joille on viime vuosina läjitetty ja tullaan vielä läjittämään rikastushiekkaa, peitetään sulkemisen yhteydessä kasvukerroksella ja alueelle kylvetään siemenseos.

Sikopuron vesienkäsittelyn sakkoja muodostuu kaivoksen sulkemisenkin jälkeen, mutta määrä pienenee. Eteläisen sakka-alueen pintaan on muodostunut kasvillisuutta eikä alueella ole tarvetta muille pintarakenteille. Itäinen sakka-alue on käytössä niin pitkään, kuin vesiä käsitellään Sikopuron vesienkäsittelyaltaissa, sakkoja muodostuu mahdollisesti vähemmän, kun Särkijärven kaivoksen kuivanapito loppuu. Sakka-alue suljetaan kuten rikastushiekka-alue, muotoilemalla siten, ettei alueelle jää pintavesiä kerääviä painaumuja ja maisemoimalla kasvukerroksella. Vesienkäsittelysakka-alueen kantavuutta voidaan parantaa tarvittaessa esim. lujiteverkolla ja sivukivitäytöllä.

Raasion rikastushiekka-alueen vesivarasto jää nykytiedon mukaan käyttöön ja Raasion reunapadot ovat 1-luokan patoja myös sulkemisen jälkeen. Raasion reunapatojen läpi suotautuu vesiä alueen ympärysojiin, jotka pääosin laskevat Kolmisoppeen.

### 3.6.2 Sulkemusrakenteiden vertailu parhaaseen saatavilla olevaan tekniikkaan

Sulkemusrakenteiden vaatimukset määräytyvät kaivannaisjätteen ja sen sijaintipaikan olosuhteiden perusteella. Yaran rikastushiekka ei tehtyjen selvitysten perusteella aiheuta riskiä ympäristölle tai



ihmisille (Ramboll 2016, Envineer 2020) ja alueiden sulkeminen kasvukerroksella ja kylvämällä täyttää siten kaivannaisjätealueen parhaan käyttökelpoisen tekniikan vaatimukset.

Rikastushiekka-alueiden sulkemiseen liittyviä toimenpiteitä on verrattu kaivannaisjätealueiden hallinnan parhaisiin käyttökelpoisin tekniikoihin liitteessä 1.

### 3.6.3 Rikastushiekka-alueiden sulkemistilanne ja materiaалitarve

Rikastushiekka-alueiden maisemointimateriaalin tarve on yhteensä enintään 0,7 Mm<sup>3</sup> (Taulukko 3-5). Kasvukerrokseksi soveltuvat humuspitoiset kaivumaat, jotka eivät sisällä ympäristön luontaista pitoisuutta korkeampia pitoisuuksia haitta-aineita. Kompostin käyttöä ei suositella, koska se voi aiheuttaa itsessään ravinnepäästöpiikin, joka tosin tasoittuu ajan myötä.

**Taulukko 3-5. Rikastushiekan läjitysalueet, maisemoitava alue ja arvioitu materiaалitarve.**

| Rikastushiekka-alue | Käyttötarkoitus      | Läjitysalueen pinta-ala | Maisemoitu alue, v. 2023 | Korotus V0 | Maisemoitava lakialue V0 | Maisemointimateriaalin tarve (h=0,3m) |
|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|---------------------------------------|
|                     |                      | [ha]                    | [ha]                     | [ha]       | [ha]                     | [Mm <sup>3</sup> ]                    |
| Musti               | Läjitysalue          | 700                     | 280                      | 460        | 90                       | 0,27                                  |
|                     | Vesialue             | 100                     | -                        | -          | -                        | -                                     |
| Raasio              | Läjitysalue          | 170                     | 43,9                     | -          | 126,1                    | 0,38                                  |
|                     | Sakkojen läjitysalue | 10,5                    | 4,8                      | -          | 5,7                      | 0,02                                  |
|                     | Vesialue             | 70                      | -                        | -          | -                        | -                                     |

### 3.6.4 Epävarmuudet, riskit ja lisäselvitystarpeet

Sulkemisvaiheen keskimääräistä vesitasetta on arvioitu YVA-selvitysten yhteydessä tarvittavalla tarkkuudella. Seuraavissa suunnitteluvaiheissa sulkemisvaiheen vesitaseessa olisi hyvä huomioida myös harvoin toistuvat sadannat ja rankkasateet, jotka todennäköisesti lisääntyvät ilmastomuutoksen myötä. Vesitaseessa tulisi mallintaa myös täyttöön imeytyviä vesimääriä sekä maahan imeytyvää vesimäärää sulkemisvaiheen sisäisen vesipinnan tasolla.

Sulkemusrakenteiden ja pintavesiuomien eroosio voi aiheuttaa riskiä pintarakenteelle, mikä tulisi huomioida sulkemissuunnittelussa tasauksessa, materiaalivalinnoissa ja kasvilajeissa. Louhetukipenkereen vedenjohtavuutta tulisi arvioida pitkällä aikavälillä.

Sulkemissuunnittelun vesienhallintasuunnitelmassa tulisi riskien pienentämiseksi arvioida mahdollisuuksia ja tarvittavia toimenpiteitä vesien johtamiseen painovoimaisesti purkuun pitkällä aikavälillä. Lisäksi tulisi arvioida täytön stabiliteettia sisäisen vesipinnan eri tasoilla sulkemisen jälkeen. Rikastushiekka-alueiden sisäisellä vesipinnalla ja vesipinnan muutoksilla voi olla vaikutuksia myös suotoveden laatuun ja mahdollisesti alueen metaanipäästöihin täytön alapuolisesta orgaanisesta aineksesta. Sisäisen vesipinnan korkeudella on vaikutusta maaperään ja pohjavesiin imeytyvään vesimäärään hydrologisen vesipaineen mukaisesti.

Sulkemisen jälkeen rikastushiekan mukana ei alueelle tule lisävettä, mutta vesivarastoihin kertyvä vesimäärä on edelleen suuri, koska pääosa alueen sade- ja sulamisvesistä päättyy lopulta vesivarastoihin, joko pintavaluntana tai suotautumalla täytön läpi. Vesien laadun ja käsittelytarpeen arviointi pitkällä aikavälillä on tarpeen mahdollisten toimenpiteiden suunnittelemiseksi.

Rikastushiekka-alueiden tunnistettuja riskejä ja mahdollisia epävarmuuksia on koottu taulukkoon (Taulukko 3-6).

Taulukko 3-6. Rikastushiekka-altaiden sulkemiseen liittyvät riskit ja epävarmuudet.

| Riski tai epävarmuus                      | Toimenpiteet                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rikastushiekan ominaisuudet               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rikastushiekan karakterisointi, käyttäytyminen pitkällä aikavälillä (tekeillä)</li> </ul>                                                                                                                                                                  |
| Rikastushiekkakasan käyttäytyminen        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Täytön stabiilitetti sisäisen vesipinnan eri tasoilla</li> <li>Täytön painumisarvio</li> </ul>                                                                                                                                                             |
| Suljetun alueen vesi- ja ainetase         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vesitase, jossa huomioitu harvoin toistuvat sadetapahtumat ja mallinnettu mm maahan imeytyvä suotovesimäärä suhteessa sisäiseen vesipintaan</li> </ul>                                                                                                     |
| Sulkemisvaiheen vesienhallintasuunnitelma | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vesienhallintasuunnitelma, jossa on esitetty toimenpiteet vesivarojen ja alaiden sekä pumpppausten osalta ja arvioitu mahdollisuutta sisäisen vesipinnan laskemiseen, painovoimaiseen vesien johtamiseen ja hulevesien erotteluun suotovesistä.</li> </ul> |
| Pintavaluntavesien hallinta               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnitelma pintavesien johtamisesta läjitysalueen päältä, mahdolliset eroosiosuojaustoimenpiteet ja herkkyystarkastelu louhetukipenkereen vedenjohtavuudesta</li> </ul>                                                                                   |
| Suotovesien laatu ja käsittelytarve       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Arvio suotoveden käsittelytarpeesta ja mahdollisista passiivisista käsittelymenetelmistä sulkemisvaiheessa</li> <li>Selvitys rikastushiekka-alueen vaikutuksesta pohjavesiin pitkällä aikavälillä</li> </ul>                                               |
| Maisemointisuunnitelman esiselvitykset    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lisäselvitykset lintukosteikon pesimä- ja levähdyspaikkojen säilyttämisen edellytyksistä sulkemisvaiheessa</li> <li>Kasvillisuuden koalat alueelle soveltuvan, monimuotoisen ja kestävä kasvillisuuden ja puuston siemenseoksen valintaan</li> </ul>       |

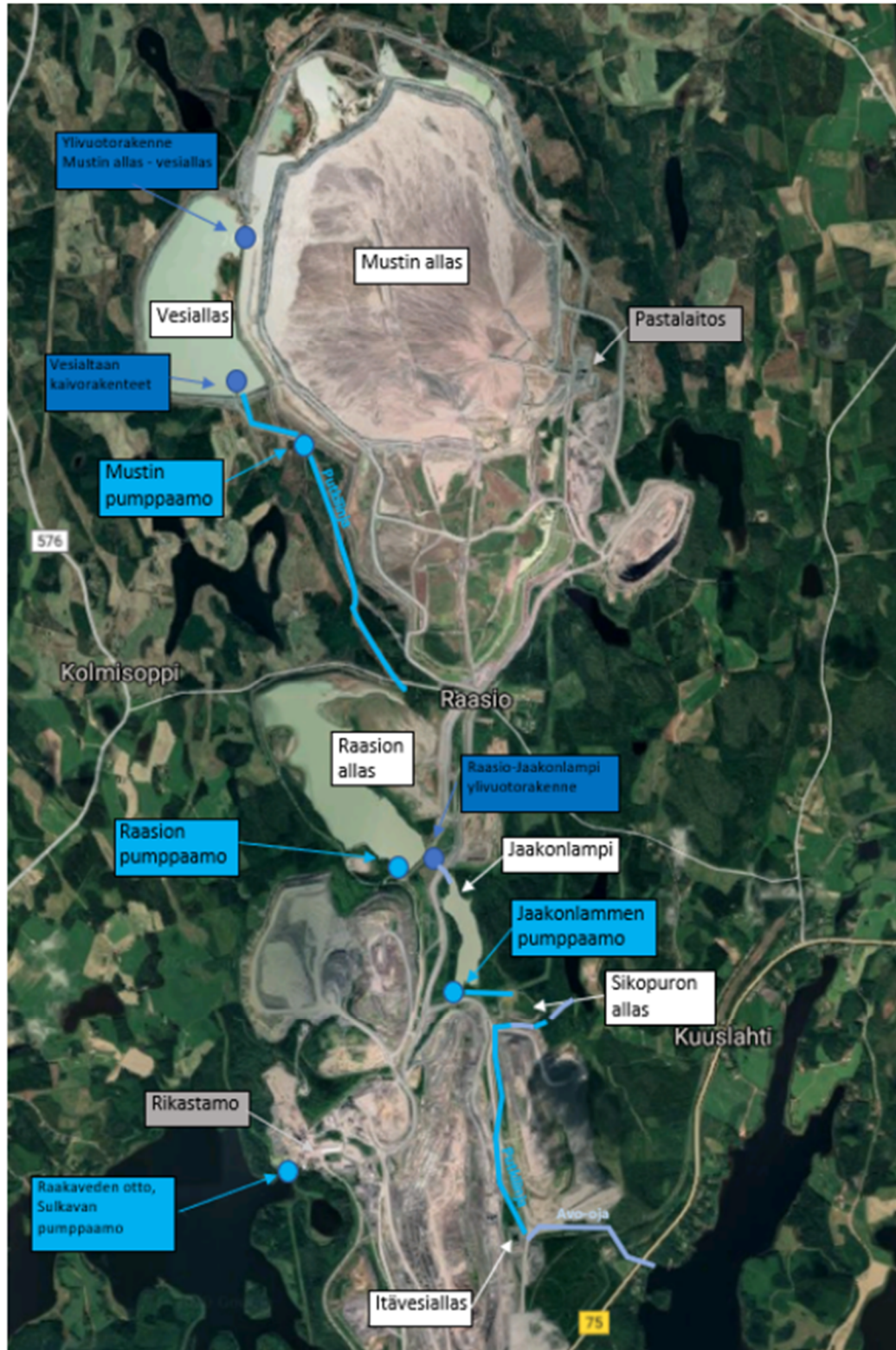
## 4. Kaivannaisjätealueiden vesien hallinta ja käsittely

Toiminta-aikana rikastushiekka-alueiden vesistä pääosa ohjautuu prosessivesikiertoon. Sivukivialueiden vedet eivät ole mukana prosessivesikierrossa, vaan ne johdetaan ojia pitkin vesistöihin; Ansanmäen alueelta Sulkavanjärveen ja Itäläjäytksen osalta Kuuslahteen. Saarisen kuivatusvedet ohjautuvat pääosin Saarisenjärven suuntaan. Särkijärven avolouhoksen ja tulevaisuudessa myös Jaakonlammen louhoksen osalta kaivosvedet johdetaan pääasiassa Kuuslahteen joko suoraan tai laskeutuksen kautta. Vesiä voidaan ohjata myös rikastusprosessin lisävedeksi. Rikastamon piha-alueen hulevedet johdetaan Mustin altaalle ja prosessivesikiertoon, muut kaivosalueen piha- ja apu-alueiden hulevedet johdetaan maastoon, tarvittaessa erotuskaivojen kautta. Kaivosalueen ulkopuoliset valumavedet ohjataan toiminnan aikana mahdollisuuksien mukaan kaivosalueen ohi, mutta alueen laajuuden ja maaston muotojen takia, osa puhtaista valumavesistä ohjautuu ja sekoittuu suoto- ja purkuojien vesiin.

Rambollin tekemän arvion (2020) mukaan Sulkavanjärven suurimmat kuormittajat ovat sulfaatin osalta Ansanmäen sivukivialue ja rikastushiekka-alueet, joiden vesiä kulkeutuu Kolmisopen järven kautta Sulkavanjärveen. Fosforin osalta suurimpia kuormittajia ovat rikastushiekka-alueet sekä kipsikasa, ja kokonaistypen osalta sivukivikasat. Kuuslahden sulfaattikuormitusta lisää puhdistamon saostuksessa käytetty kemikaali, mutta saostus puolestaan alentaa fosforikuormitusta. Kuuslahden typpikuormitusta tulee louhosvesistä, Itäläjäytksen sivukivialueen vesistä ja puhdistamoista.

#### 4.1.1 Prosessivesikierto ja vesien käsittely

Prosessivesikierrassa mukana ovat rikastamo, rikastushiekan sakeutus (pastalaitos), rikastushiekka-altaat ja vesivarastot sekä Mustin vesiallas, (Kuva 4-1).



Kuva 4-1. Kaivosalueen vesienkulkureitit (Kuva: Yara, 2022)

Prosessivesiä tasataan pääosin Vesialtaassa ja Raasion altaassa, joiden yhteistilavuus on noin 10,5 milj. m<sup>3</sup> (Taulukko 4-1). Altaista otetaan myös prosessien tarvitsemää lisävetä. Prosessit kuluttavat eri vaiheissa vettä 6–7 milj. m<sup>3</sup>/a. Kierrosta poistuu Sikopuron puhdistamon kautta ylijäämävesiä 4,7–6,2 milj. m<sup>3</sup>/a.

**Taulukko 4-1. Prosessivesikierron altaat, korkeudet.**

| Allas                                                   | HW      | hätä HW | Padon korkeus | Padon luokka | Vesitilavuus                |
|---------------------------------------------------------|---------|---------|---------------|--------------|-----------------------------|
| Mustin rikastushiekka-allas ja sen pohjoinen vesireitti | +140    |         | +142...+175   | 1            | 200 000 m <sup>3</sup>      |
| Mustin vesiallas                                        | +132,4  |         | +135          | 1            | noin 8 Mm <sup>3</sup>      |
| Raasion allas                                           | +135    | +137    | +137...+142   | 1            | noin 2 Mm <sup>3</sup>      |
| Jaakonlammen prosessivesiallas                          | +120,15 |         | +122          | 3            | noin 250 000 m <sup>3</sup> |
| Sikopuron allas                                         | +131    |         | +132,6        | 3            | 75 000 m <sup>3</sup>       |

Osa tarvittavista prosessivesistä on oltava sellaisia, joissa kiintoainepitoisuus on pieni. Tämä vesi otetaan raakavetenä Sulkavanjärvestä. Pääosa prosessivedestä on kaivoksen sisäisen vesikierron vettä, joka otetaan nykyisellään Jaakonlamasta, tulevaisuudessa Raasion altaasta, kun Jaakonlamman prosessivesiallas poistuu käytöstä. Sisäiseen kiertoon ohjataan myös rikastamon piha-alueiden sade- ja sulamisvesiä. Avolouhosten kuivanapitovesissä on mukana sekä pohjavesiä että sade- ja sulamisvesiä.

Mustin rikastushiekka-alueelle tulee vesiä sakeutetun rikastushiekan mukana ja lisäksi sakeutuksesta johdetaan ylitevedet rikastushiekka-altaan pohjoisosaan. Mustin altaasta vedet pumpataan Raasion altaalle, josta ne ohjataan venttiilillä varustetun ylivuotorakenteen kautta Jaakonlampeen (prosessivesiallas). Pastalaitoksella muodostuu ylitevesiä, jotka johdetaan Mustin vesialtaan kautta kiertoon. (Yara, 2020)

Kierrosta poistuvien ylijäämävesien määrään vaikuttaa merkittävästi laajojen rikastushiekka-alueiden ja altaiden sade- ja sulamisvesien määrä. Lisäksi vettä poistuu haihtumalla, rikastushiekka-alueilta ja altaista suotautumalla reunapatojen läpi sekä imeytymällä maaperään.

Sikopuron puhdistamo on kaksiosainen allaspuhdistamo, jossa purkuvesien kiintoainepitoisuus saostetaan ferrisulfaatin ja polymeeripohjaisen flokkulantin avulla ja samalla saostetaan kiintoaineseen sitoutunutta fosforia. Altaat on rakennettu huonosti vettä johtavan pohjamaan päälle ja rajattu louheverhotuilla moreenipadoilla. Vesien käsittelyssä altaiden pohjalle laskeutuva sakka poistetaan säännöllisesti ja läjitetään Raasion rikastushiekka-alueella sijaitsevalle sakka-alueelle. Puhdistustehoa seurataan ympäristöluvan mukaisesti. Sikopuroon purkaville vesille on ympäristöluvassa määrätty päästöraajat fosforille, kiintoaineelle ja kemialliselle hapenkulutukselle.

Purkuvesistöille on määrätty kokonaispäästöraajat; Kuuslahden purkuvesistöille kokonaisfosforille ja tavoitearvo ammoniumtypelle ja Sulkavanjärven purkuvesistölle kokonaisfosforille. Kuuslahden kuormitukseen vaikuttaa lisäksi Yaran laitoksen kemiallinen puhdistamo, joka ei ole mukana kaivoksen prosessivesien kierrossa.

#### 4.1.2 Sulkemisvaiheen vesienhallinta

##### *Vesienhallinnan tavoite*

Sulkemisvaiheen vesienhallinnan tavoitteena on vähentää kaivannaisjätealueista aiheutuvia pinta- ja pohjavesivaikutuksia ja varmistaa että vesienhallintarakenteet ovat pitkänkin ajan kuluessa sekä fyysisesti että kemiallisesti vakaita muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.

Yaran lisätavoitteena on vähentää vesienhallinnan kunnossapito- ja ohjaustarvetta, pitää välttämättömät vesienhallintaan liittyvät rakenteet kuten pumppaamot ja padot kunnossa, vähentää käsittelyä vaativien vesijakeiden määrää ja pitkän aikavälin tavoitteena korvata mahdollisuuksien mukaan aktiivinen vesien puhdistus passiivisilla menetelmillä.

##### *Vesienhallinnan toimenpiteet*

Sulkemisajan vesienhallinta perustuu vesitaseeseen ja ainemääräarvioihin. Vesikierron vesi- ja ainetasetta sekä Sikopuron puhdistamon purkuvirtaamaa on mallinnettu nykytilanteessa ja YVA:n vaihtoehtoilla vuosien 2020–2022 säätiedoilla (Envineer, 2023). Vesi- ja ainetaseen arviot kaivannaisjätealueiden osalta on kuvattu edellä, kappaleessa 3.

Toiminnan loputtua prosessivesiä ei enää muodostu. Rikastushiekka-alueilta ja sivukivien läjitys-alueilta sade- ja sulamisvesistä muodostuu edelleen suoto- ja pintavalumavesiä, joita pumpataan vesien laadun perusteella joko käsittelyyn tai purkuun. Avolouhosten kuivana pito lakkaa ja louhokset alkavat täyttyä vedellä. Louhosjärvien täytyttyä niiden ylivuodon suunta määräytyy ympäröivän alueen topografiasta. Suoto- ja pintavesien tarkkailu jatkuu ja vesien käsittelyä jatketaan niin pitkään kuin vesien laatu sitä edellyttää. Sulkemistoimenpiteillä ei ole vaikutusta kaivannaisjätealueiden ympärysvesien johtamiseen, mutta louhosjärvien ylivuotovesien ja rikastushiekka-alueilta mahdollisesti maastoon johdettavien vesien purkusunnat poikkeavat toiminnan aikaisista purkusunnista, mikä vaikuttaa valuma-alueisiin ja purkuvesistöihin.

##### *Sulkemisajan vesienhallinnan vertailu parhaaseen saatavilla olevaan tekniikkaan*

Sulkemisajan vesienhallinnan toimenpiteitä ei ole vielä tarkemmin suunniteltu ja siten toimenpiteitä ei ole mahdollista verrata parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan.

##### *Epävarmuudet, riskit ja lisäselvitystarpeet*

Sulkemisajalle tulisi laatia vesienhallintasuunnitelma, jossa otetaan kantaa vesienhallinnan muutoksiin ja sulkemisjärjestykseen, esimerkiksi, mitkä altaat jäävät käyttöön, voidaanko osa vesikierron pumppaamoista sulkea ja vedet ohjata mahdollisesti eri reittiä maastoon. Sulkemisajan vesitase tulisi mallintaa myös poikkeuksellisilla sadantamäärillä ja sateen rankkuuksilla ja mikä vaikutus sulkemisella on valuma-alueisiin, purkusuntuin ja tulvariskialueisiin.

Sulkemisvaiheessa prosessivesien hallintaan liittyviä, tunnistettuja riskejä on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 4-2).

Taulukko 4-2. Sulkemisvaiheen prosessivesien hallintaan liittyvät riskit ja epävarmuudet.

| Riski tai epävarmuus              | Toimenpiteet                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vesien hallinta sulkemisvaiheessa | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sulkemisvaiheen vesienhallintatoimenpiteet ja järjestys</li> <li>Selvitys avoulouhosten ylivuotovesistä; virtaamat, purkusuunnat</li> </ul>     |
| Vesimäärät                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sulkemisvaiheen vesitase, jossa on huomioitu sään ääri-ilmiöt ja prosessikierron päättyminen</li> </ul>                                         |
| Vesien laatu sulkemisvaiheessa    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sulkemisvaiheen vesien ainetase</li> <li>Vesien käsittelytarve pitkällä aikavälillä ja mahdolliset passiivisen käsittelyn menetelmät</li> </ul> |
| Pohjavedet                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hydrologinen mallinnus pohjavesien tasosta sulkemisen jälkeen, kun avoulouhokset ovat täyttyneet vedellä</li> </ul>                             |

## 5. Materiaalien hallinta

Yara hyödyntää sulkemusrakenteissa mahdollisimman paljon alueelle väliavarastoituja, teknisesti ja laadullisesti soveltuvia kaivumaita ja sivukiviä.

Koko toimintaa koskevassa ympäristöluvassa (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) Itä-Suomen Aluehallintovirasto on luokitellut ylijäämämaat niiden jäteominaisuuksien mukaan pysyväksi, vaarattomaksi (termi aiemmin tavanomainen) jätteeksi (jäteluokitusnumero 01 01 02) ja niiden läjitysalueet muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Luokittelu on sama kuin aiemmissa lupapäätöksissä.

### 5.1 Maisemointimateriaaleihin liittyvät lupamääräykset

Ympäristöluvassa (ISAVI/1194/2015, muutos ISAVI/1499/2019) on ylijäämämaista määrätty seuraavaa.

- 31 *Luvan saajan on oltava selvillä mahdollisista pilaantuneista maa-alueista alueellaan. Toiminta-alueen käyttöhistoriaan ja luvan saajan kokemukseen perustuva selvitys mahdollisista pilaantuneista maa-alueista on pyydettyessä esitettävä Pohjois-Savon ELY-keskukselle ja Siilinjärven kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle. Maaperän mahdollinen pilaantuminen on selvitettävä tarkemmin ennen lisärakentamista, maamassojen kaivua tai alueiden käyttötarkoituksen muutosta, jos alueen käyttöhistorian tai muun syyn perusteella se on tarpeen. 179 (216) Selvitys on toimitettava ELY-keskukselle ja Siilinjärven kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle.*
- 33 *... Kaivostoiminnassa muodostuvat hyödyntämiskelpoiset maa- ja kiviainekset on lajiteltava ja varastoitava kaivoksen toiminta-alueella erillään sivukivien läjitysalueelle sijoitettavista kaivannaisjätteistä niin, ettei niiden hyödyntämiskelpoisuus heikkene ja ne voidaan käyttää helposti kaivosalueen ja läjitysalueiden maisemoinnissa*

### 5.2 Sulkemiseen käytettävät maa-ainekset

Sivukivi- ja rikastushiekka-alueiden maisemointimateriaalien tarve on VE0 vaihtoehdossa noin 1,74 Mm<sup>3</sup>rtr. Määrä on laskennallinen ja todellinen tarve on jonkin verran suurempi.



Tällä hetkellä kaivumaita on läjitettynä Yaran alueelle noin 0,9 Mm<sup>3</sup>, joista maisemointiin on suunniteltu käytettäväksi noin kolmasosa (Taulukko 5-1). Toiminnan aikana maisemointiin soveltuvia materiaaleja muodostuu mm. Jaakonlammen louhosalueelta, jossa tehdään vielä pintamaiden poistoa. Yaran arvion mukaan sulkemiseen soveltuvia kaivumaita muodostuu VE0 laajennusalueilta yhteensä noin 1,34 Mm<sup>3</sup> ja lisäksi maisemoinnin kasvukerroksiin mahdollisesti soveltuvaa orgaanista ainesta yhteensä noin 0,2 Mm<sup>3</sup>.

YVA-vaiheen määräärvot ovat vielä karkeita ja tarkentuvat seuraavissa suunnitelmavaiheissa. Maisemointimateriaaleja arvioidaan olevan tässä vaiheessa riittävästi sulkemusrakenteisiin.

Yara valmistautuu alueiden sulkemiseen läjittämällä rakentamisen yhteydessä poistettavia kaivumaita ensisijaisesti käyttökohteeseen ja ylijääviltä osin pintamaiden läjitysalueille, mahdollisimman lähelle massojen lopullista sijoituspaikkaa.

Kaivumaat lajitellaan kaivun yhteydessä sekalaisiin kaivumaihin, karkearakeisiin moreeneihin, hienoainespitoisiin kivennäismaihin ja rapamalmehiin.

Kaivettavien pintamaiden määrä ja laatu sekä rakenteisiin käytettävien pintamaiden määrä vaihtelevat vuosittain. Moreenia käytetään pato- ja allasrakenteissa, hienoainespitoisia maalajeja käytetään tiivisrakenteissa ja sekalaisia kaivumaita maisemointirakenteissa.

**Taulukko 5-1. Pintamaiden tilanne vuonna 2023 (Yaran mittaukset 2023).**

| Maalaji                         | Käyttötarkoitus          | Välivarastoidut massat 2023 |                   |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------|
|                                 |                          | Alue                        | [m <sup>3</sup> ] |
| Sekalaiset kaivumaat, pintamaat | maisemointi              | Raasio                      | 2031              |
|                                 |                          | Musti                       | 36087             |
|                                 |                          | Itäläjitys                  | 216008            |
|                                 |                          | Muut                        | 14735             |
| Moreenit                        | padot ja tiivisrakenteet | Ansanmäki                   | 645 481           |

#### *Pintamaiden laatu*

Alueelta kaivettujen pintamaiden arvioidaan olevan ominaisuuksiltaan alueen luonnonmaidien kaltaisia. Pintamaiden laatu voi vaikuttaa sulkemisen jälkeen pinta- ja suotovesien kuormitukseen. Ohuen pintakerroksen vaikutus vesien laatuun on yleensä lyhytaikainen. Särkijärven louhoksen kohdalta kuivatetun Särkijärven sulfidipitoiset sedimentin näkyivät Ansanmäen pintavesien kohonneena sulfaatin kuormituksena ja Länsiläjityksen alueella maisemointikerroksesta ja sen karikkeesta liuennut hiili näkyi kohonneena orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuuksina.

Pintamaista selvitetään ennen niiden sijoitusta rakenteisiin tai sulkemiseen sekä tekninen soveltuvuus että maiden ympäristökelpoisuus. Pintamaiden käyttö maisemointikäyttöön hyväksytetään valvovalla viranomaisella.

Jaakonlammen louhoksen alueelta poistetaan pintamaita ja lammen pohjasedimenttejä, kun louhos laajenee. Pintamaiden arvioidaan vastaavan alueen maaperää. Jaakonlammen sedimentin analyysitulokset olivat alle maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien alempien ohjearvojen. Kynnysarvo ylittyi analyysin mukaan yhdessä kokoomanäytteistä (eteläosa) arseenin osalta sekä kahdessa kokoomanäytteessä (etelä- ja keskiosa, raja-arvon tuntumassa).

Liukoisuuskokeissa kaivumaat alittavat pysyvän jätteen raja-arvon (VnA 331/2013) kaikilta muilta osin paitsi orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC), hehkutushäviön (LOI) ja liukenevan orgaanisen hiilen (DOC) osalta. Jaakonlammen sedimentille tehtyjen liukoisuuskokeiden perusteella sedimentti alittaa pysyvän jätteen raja-arvon (VnA 331/2013) kaikilta muilta osin paitsi liukenevan orgaanisen hiilen (DOC), fluoridin (F) ja liuenneiden ionien (TDS) osalta.

Sivukiviä ja louhetta on mahdollista hyödyntää infra- ja ympäristörakenteissa kuten kaivantojen täytöt, eroosiosuojaukset, tierakenteet ja tukipenkereet. Luoteisläjityksen alueella varastoidaan pääosin maanpoiston yhteydessä poistettuja puhtaita moreenimaita, joita hyödynnetään myöhemmin patorakenteissa.

## 6. Laadun hallinta

### 6.1 BAT ja BREF vertailu

Sulkemistoimenpiteitä on verrattu kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmien suosituksiin taulukkomuotoisessa koosteessa, liite 1. Kooste sisältää kaivoksen laajentamisen YVA:n kaikkien vaihtoehtojen VE0-VE4 vertailun kaivannaisjätealueiden hallintaa koskeviin BAT-päätelmiin pohjautuen ympäristöministeriön oppaaseen (Ympäristöministeriö, 2020).

BAT-päätelmiä voidaan käyttää ohjaavana tietona arvioitaessa sitä, vastaako toiminta parasta mahdollista käyttökelpoista tekniikkaa. BAT-päätelmät eivät ole sitovia ja kaivannaisjätteiden hallinnassa voidaan käyttää myös muita tekniikoita, joilla saavutetaan vähintään samaa luokkaa oleva ympäristönsuojelullinen taso.

### 6.2 Sulkemistyön aikainen laadun valvonta ja toteaminen

Sulkemisen toteutussuunnitelmissa esitetään työn aikaiset laadunvalvontatoimenpiteet ja niiden raportointi. Valvonta koostuu urakoitsijan, tilaajan ja ulkopuolisen valvojan suorittamasta rakennustyön valvonnasta, joka raportoidaan ympäristölupien mukaisesti valvovalle ympäristöviranomaiselle. Viranomaiset suorittavat oman toimensa mukaista valvontaa.

## 7. Jälkihoito ja tarkkailu

Suljettujen jätealueiden painumista, rakenteiden kuntoa, sisäistä veden pintaa sekä pohja-, pinta- ja suotovesien laatua ja määrää tarkkaillaan sulkemissuunnittelun edetessä tarkentuvien tarkkailuohjelmien mukaisesti. Puusto ja kasvillisuus poistetaan tarvittaessa säännöllisin väliajoin riippuen suljetusta alueesta ja sen pintarakenteen paksuudesta.

## 8. Alueiden käyttö sulkemisen jälkeen

Yara omistaa suljettavan kaivosalueen kiinteistön. Kaivostoiminnan lopettamisen jälkeen alueet saatetaan kaivosviranomaisten turvallisuusmääräysten mukaiseen kuntoon. Kiinteistölle kulkua rajoitetaan puomeilla, koska alueelle jää vaarallisia alueita. Jälkikäytön, kuten virkistyskäytön, mahdollisuuksia ja edellytyksiä mietitään yhdessä sidosryhmien kanssa.

- Rikastamon käytöstä poistuvat rakennukset jäävät toistaiseksi alueelle ja ne suljetaan. Rakennukset pidetään kunnossa, kunnes ne päätetään purkaa.
- Avolouhokset aidataan ja niille kulkua rajoitetaan tai estetään puomeilla.



- Rikastushiekka-alueen sulkemisen jälkeen alueella on mahdollista liikkua turvallisesti. Ulkopuolisille, kuten lintuharrastajat, osoitetaan sallitut liikkumisreitit.
- Sivukivialueiden sulkemistoimenpiteillä ei ole vaikutusta alueiden luiskien jyrkkyyteen ja siten turvallisuuteen. Sivukivialueiden maankäyttöä rajoitetaan jatkossa turvallisuussyistä ja mahdollisen sivukivien uudelleenkäytön mahdollistamiseksi.
- Kaivannaisjätealueisiin liittyvät ja käyttöön jäävät vesialtaat aidataan.

## 9. Sulkemisvaiheen riskien hallinta

Tämän YVA vaiheessa tehdyn sulkemissuunnitelman yhteydessä tunnistettuja sulkemisvaiheen suurimpia yleisiä riskejä on kuvattu alla taulukossa (Taulukko 9-1). Näiden lisäksi kappaleessa 3 on kuvattu kaivannaisjätealueiden sulkemiseen liittyviä epävarmuuksia ja riskejä sekä kappaleissa 4–6 vesien, materiaalien ja laadun hallintaan liittyviä epävarmuuksia ja riskejä.

Sulkemisen suunnittelu perustuu ajantasaiseen tietoon toteutetuista rakenteista, kaivannaisjätteiden karakterisoinnista, todetuista tarkkailutuloksista ja ympäristövaikutuksista sekä vastaanottavan vesistön ja ympäristön tilasta. Sulkemissuunnitelma on vaiheittain tarkentuva suunnitelma, jossa sulkemisen toimenpiteitä arvioidaan ja tarvittaessa päivitetään tarkentuvien tietojen perusteella.

Ympäristöriskejä ja -vaikutuksia on arvioitu alueiden suunnittelun ja ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä. Suljettujen alueiden ympäristöriskejä ja -vaikutuksia pitää tarkastella myös kokonaisuutena pitkällä aikavälillä. Tällöin sulkemisen toimenpiteitä on mahdollista arvioida niiden vaikuttavuuden mukaan sekä kohdentaa ja ajoittaa toimenpiteet siten, että ympäristövaikutukset minimoidaan.

Sulkemistoimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa sekä ennenaikaisen sulkemisen yhteydessä korostuvat tietojen hallinta ja ylläpito kuten rakennettujen toiminta-alueiden toteutusasiakirjojen sekä läjitettyjen kaivannaisjätteiden karakterisoinnin ja tarkkailutulosten hallinta. Tietojen arkistointi henkilöstön vaihtuessa ja erityisesti sulkemisvaiheen aikana on erityisen tärkeää.

Valumavesien hallinta laajoilta kaivannaisjätealueilta ja avolouhoksista voi aiheuttaa tulva- tai eroosioriskejä vesien suuren määrän takia. Toiminnan loppuminen vähentää kuitenkin käsiteltävien vesien määrää ja myös käsittelystä aiheutuvia kustannuksia. Vesien käsittelytarve voi jatkua sulkemisen jälkeen ja mahdolliseen käsittelytarpeeseen on hyvä varautua selvittämällä passiivisia käsittelymenetelmiä toiminnan aikana.

Sulkemisen kustannukset tulevat olemaan huomattavat. Kustannuksia tasataan ja kustannustason noususta aiheutuvaa riskiä vähennetään sulkemalla alueita vaiheittain jo toiminnan aikana. Materiaalien suurta tarvetta ja niistä aiheutuvia kustannuksia vähennetään välivarastoimalla etukäteen sulkemiseen soveltuvia materiaaleja alueelle.

**Taulukko 9-1. Sulkemisen yleiset riskit ja lisäselvitystarpeet.**

| <b>Mahdollinen riski</b>                                    | <b>Lisäselvitys tai toimenpiteet</b>                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sulkemistoimenpiteiden vaatimukset ali- tai ylimitoitettuja | Sulkemistoimenpiteiden yhteisvaikutusten riskinarviointi pitkällä aikavälillä                                                                                                                                                                             |
| Vesien hallinta sulkemisvaiheessa ja sen jälkeen            | Suuret hulevesimäärät<br>Pintavesien valuma-alueiden ja purkusuuntien muutokset<br>Avolouhosten vaikutus pohja- ja pintavesiin<br>Varautuminen vesien puhdistamistarpeeseen pitkällä aikavälillä – passiiviset vesien johtamisen ja käsittelyn menetelmät |
| Tiedon hallinta                                             | Menettelytapojen jatkuva arviointi/kehittäminen                                                                                                                                                                                                           |
| Suuret määrät ja kustannukset sekä kustannustason nousu     | Sulkemisen vaiheistus, materiaalien ja kustannusten hallinta / varautuminen                                                                                                                                                                               |
| Yleisen turvallisuustilanteen muutokset                     | Poikkeustilanne esimerkiksi pandemian tai sodan takia                                                                                                                                                                                                     |

## Lähteet

- Envineer. 2023. Yara Suomi Oy. Siilinjärven kaivoksen vesi- ja ainetasemalli. Luonnos 17.8.2023.
- Envineer. 2020. Yara Suomi Oy. Siilinjärven kaivos. Sivukiviläjityksen kuormitusarvio. 2.9.2020.
- Envineer, 2019. Yara Suomi Oy. Sikopuron vesienkäsittelysakat, sijoittamisen riskinarvio. 4.9.2019.
- GTK. 2018. Yara Suomi Oy Siilinjärven tehdas. Suotovesien kulkeutuminen – kartoitus sähkönjoh-tavuuden mittauksin. 10.7.2018.
- GTK. 2017. Yara Siilinjärvi: Kipsikasan geofysikaaliset tutkimukset sekä lennökkikartoitus syksyllä 2017. GTK/596/03.04.07/2017. 27.10.2017.
- Pöyry. 2018. Yara Suomi Oy. Kaivoksen sivukiviläjityksen stabiliteettitarkastelu. Projekt 16WWE0069-101. 7.1.2019.
- Pöyry. 2015. Yara Suomi Oy, Siilinjärven tuotantolaitokset. Kipsin läjitysalueen riskinarviointi ja toimenpidesuositukses. 16WWE0069.BAEE46. 26.3.2015.
- Ramboll. 2023. Yara Suomi Oy. Siilinjärven kaivoksen laajentuminen YVA-selostus.
- Ramboll. 2020. Yara Suomi Oy. Siilinjärven toimipaikan vesistökuormituksen vähentämistekniikat. Raportti. 1.9.2020.
- Ramboll. 2019. Yara Suomi Oy. Kipsin läjitysalueen terveys- ja ympäristövaikutusten kokonaisar-viointi. 30.9.2019.
- Ramboll. 2017. Yara Suomi Oy. Mustin rikastushiekka-alue. Rikastushiekkapastan tuki- ja ohjaus-penkereiden stabiliteettitarkastelu. 7.11.2017.
- Ramboll. 2016b. Yara Suomi Oy. Sivukiviläjityksen pinta- ja pohjavesivaikutukset. 28.12.2016.
- Ramboll. 2016a. Siilinjärven kaivos Sivukivialueiden pinta- ja pohjavesivaikutusten esiselvitys. 26.2.2016.
- Yara Management System. Kaivos Siilinjärvi. 2022. Rikastushiekan hallinnan ja vesien hallinnan käsikirja. 29.4.2022.
- Yara Suomi Oy, Siilinjärven kaivos. 2020. Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma, revisio 30.1.2020.
- Ympäristöministeriö. 2020. Opas kaivannaisjätteen hallinnan MWEI-BREF -vertailuasiakirjan par-haita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen. Ympäristöministeriön julkai-suja, 2020:12. Helsinki 2020.

Yara Suomi Oy  
Siilinjärven kaivoksen laajentamisen YVA  
Kaivannaisjätealueiden vaihtoehdot VE0-VE4 / BAT-vertailu, kooste

Liite 1  
14.5.2024

Kaivannaisjätteiden hallinnan sekä kaivannaisjätteistä aiheutuvien haitallisten vaikutusten ehkäisyn ja vähentämisen parhaat käyttökelpoiset tekniikat (Best Available Techniques, BAT) on esitetty MWEI BREF-vertailuasiakirjassa (Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, European Commission 2018).

Kaivannaisjätteiden BAT-päätelmät ovat suosituksia eivätkä sido toiminnanharjoittajia tai lupaviranomaisia. MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmissä on määritelty BAT-tekniikoihin ja niiden soveltamiseen liittyen teknisiä vaatimuksia ja suosituksia rakenteille. MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmät toimivat ennen kaikkea parhaita käyttökelpoisia tekniikoita ja niiden soveltamista koskevana ohjaavana tietona toiminnanharjoittajalle sekä lupaviranomaisille ympäristölupaharkinnassa ja lupamääräysten määrittelyssä. Kaivannaisjätteiden hallinnassa voidaan käyttää myös muita tekniikoita, joilla saavutetaan vähintään samaa luokkaa oleva ympäristönsuojelullinen taso. (Ympäristöministeriö 2020)

Tämä BAT-tarkastelu on tehty Yaran Siilinjärven kaivoksen laajentamisen YVA-menettelyn yhteydessä vuonna 2024. Tarkastelussa on käsitelty kaikkia YVA-vaihtoehtoja. Vaihtoehto VE0: Kaivosta ei laajenneta ja toiminta jatkuu nykyisten ympäristölupien mukaisena noin vuoteen 2035 asti. Vaihtoehdot VE1-VE4: Kaivostoiminta laajenee Siilinjärvellä ja jatkuu noin vuoteen 2065 asti.

|                                                                                                          |                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Huom!</u>                                                                                             | <u>Toiminnan vastaavuus BAT suosituksiin verrattuna:</u>                                                    |
| YVA:n vaihtoehdot on eritelty taulussa vain, jos vaihtoehdot poikkeavat toisistaan BAT päätelmän osalta. | Toimintatapa vastaa BAT suosituksia tai on ratkaistu muulla, ympäristönsuojelullisesti vastaavalla tavalla. |
|                                                                                                          | Suosittelut lisäselvitykset, jotta toimintatapa vastaisi BAT suositusta tai on muuten perusteltu.           |

| BAT-päätelmät            |                                                                                        | Päätelmän vastaavuus toiminnassa / hankkeen asiakirja, jossa kohta kuvattu tarkemmin                                                                                                                                         | Lisäselvitykset/toimenpiteet BAT päätelmän vaatimusten täyttämiseksi                                                                           |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yritysjohdaminen         |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                |
| BAT1                     | Yleisen ympäristönsuojelun tehokkuuden parantamiseen kaivannaisjätteiden jätehuollossa |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                |
|                          | 1a. Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmä (O&CMS)                             | EHSQ -toimintamalli (ISO 9001, 14001, 45001, ISO 50001)                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                |
|                          |                                                                                        | Organisaatio, vastuut, tiedottaminen ja sidosryhmäyhteistyö määritelty toimintamalleissa                                                                                                                                     |                                                                                                                                                |
|                          | 1b. Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä (EMS)                                        | Kaivoksen toimintamalli. Toimintatavat ovat kaivosvastuujärjestelmän toimintaperiaatteiden, Euroopan lannoitevalmistajien tuoteturvallisuusohjelman ja kansainvälinen Keamianteollisuuden Responsible care-ohjelman mukaiset |                                                                                                                                                |
| Tiedon keruu ja hallinta |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                |
| BAT2                     | Kaivannaisjätteiden alustava karakterisointi                                           |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                |
|                          |                                                                                        | Jätehuoltosuunnitelma tehty, päivitykset lainsäädännön mukaisesti                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                |
|                          |                                                                                        | Nykyisistä louhoksista muodostuva sivukivi on karakterisoitu ja luokiteltu. Uusista louhoksesta muodostuva sivukivi on alustavasti arvioitu jäteominaisuuksiltaan samanlaiseksi.                                             |                                                                                                                                                |
|                          |                                                                                        | Nykyisestä malmin rikastuksesta muodostuva rikastushiekka on karakterisoitu ja luokiteltu. Uusien louhosten malmista muodostuva rikastushiekka on alustavasti arvioitu jäteluokituksestaan samanlaiseksi.                    |                                                                                                                                                |
| BAT3                     | Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraaminen ja varmentaminen                        |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                |
|                          |                                                                                        | Ympäristövaikutusten tarkkailuohjelma, kaivannaisjätteiden karakterisointi ja jätehuoltosuunnitelman päivitys toiminnan aikana.                                                                                              | Kaivannaisjätteiden tarkkailuohjelman päivitys tekeillä, tavoitteena säännöllisempi tarkkailu.                                                 |
|                          |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                              | Rikastushiekan pitkäaikaiskäyttytymisestä on tekeillä kosteuskammiotestit. Fosforikuormituksen alkuperästä on tekeillä selvitys.               |
|                          |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                              | Sivukivien pitkäaikaiskäyttytymisestä on tekeillä kosteuskammiotestit ja lysimetrikokeet. Sulfaatti- ja typpikuormituksesta on tekeillä arvio. |

| BAT-päätelmät                                            |                                                                                                                | Päätelmän vastaavuus toiminnassa / hankkeen asiakirja, jossa kohta kuvattu tarkemmin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Lisäselvitykset / toimenpiteet BAT päätelmän vaatimusten täyttämiseksi                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                          |                                                                                                                | Sivukivien geoteknisten ominaisuuksien täydentäminen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Sivukiven rapautumisen vaikutus kiven geotekniisiin ja geokemiallisiin ominaisuuksiin.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| BAT4                                                     | Kaivannaisjätealueet ja niiden hallinnan vaihtoehdot                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 4a. Kaivannaisjätealueiden sijaintivaihtoehtojen tunnistaminen                                                 | VE1-VE4: Kaivoksen laajentamisen YVA-arvioinnissa vaihtoehtojen valinnan pohjana on ollut useita suunnitelmavaihtoehtoja.                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 4b. Kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijaintipaikkavaihtoehtojen tunnistaminen                       | VE1-VE4: Kaivoksen laajentamisen YVA-arviointi. Kaivannaisjätteiden käsittely ja läjitys nykyisen toimintamallin mukaan. Yleissuunnittelun yhteydessä kuljetusvaihtoehtojen tarkastelu.                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BAT5                                                     | Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 5a. Vaarojen ja riskien tunnistaminen                                                                          | Riskien tunnistaminen riski-istunnoissa osana YVA-arviointia, sekä toiminnan aikana että sulkemisen jälkeen. Toiminnan riskien tunnistaminen ja poikkeamien käsittely toimintamallin mukaisesti osana normaalia toimintaa.                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 5b. Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi                                                                 | Toiminnan riskien arviointi ja poikkeamien käsittely toimintamallin mukaisesti osana normaalia toimintaa. Yaran nykytilan ympäristönäkökohtien arvioinnin riskimatriisi. Riskin tai vaaran todennäköisyyden ja seurausten suuruuden arviointi. Riskeihin varautuminen nykyisessä toiminnassa ja tarkkailussa sekä laajennusalueiden suunnittelussa.                                                     | Riskinarvioita päivitetään toiminnan aikana myöhemmin tehtävien lisäselvitysten perusteella. Sulkemisen aikaisten riskien arviointia tarkennetaan toiminnan aikana, kun sulkemisajalle laaditaan vesi- ja ainetase, jonka lisäksi vesienhallintasuunnitelmaa tarkennetaan yksityiskohtaisemmaksi.<br>Ympäristöriskien kumuloituminen ja arviointi kokonaisuutena. |
| BAT6                                                     | Kiinteän kaivannaisjätteen muodostumisen ehkäisy                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 6a. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien esilajittelu ja valikoiva käsittely       | Sivukivien lajittelu käytössä louhinnan yhteydessä.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 6b. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien sijoittaminen kaivostäyttöön              | Ei relevantti. Avolouhosten täyttö ei mahdollista malmion syvyyden/laajuuden takia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 6c. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien käyttö joko alueella tai sen ulkopuolella | Pintamaiden ja moreenin välivarastointi ja käyttö alueen rakenteissa. Hyödyntämiskelpoisen sivukiven lajittelu erilleen ja hyödyntäminen joko murskeena tai louheena alueen rakenteissa. Rikastushiekasta tuotetaan pieniä määriä biotiittia ja kiillettä. Sivutuotteiksi soveltuvien materiaalien hyödyntämismahdollisuuksia, myös Yaran alueen ulkopuolella, selvitetään jatkuvasti toiminnan aikana. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Jätehierarkia                                            |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BAT7                                                     | Ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen määrän vähentäminen                              | Ei relevantti. Sivukivi ei ole happoa muodostavaa, kiisumineraalien määrä on erittäin pieni.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BAT10                                                    | Kaivannaisjätteen uudelleen käsittely                                                                          | Ei relevantti. Kaivannaisjätteet eivät sisällä merkittäviä määriä uudelleen käytettäviä arvoaineita. Kaivannaisjätteiden käyttö sivutuotteena on mahdollista, ks BAT6                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteellinen vakavuus |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BAT11                                                    | Toiminnan suunnittelu sulkeminen huomioiden                                                                    | Sulkemissuunnitelman laatiminen YVA vaiheen mukaisille vaihtoehdoille. Sulkemissuunnitelman tarkentaminen vaiheittain toiminnan aikana ja sulkemiseen varautuminen toiminnan aikana.                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          |                                                                                                                | Alueiden vaiheittainen sulkeminen kaivostoiminnan aikana.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BAT12                                                    | Täydentäviä organisaation ja yrityksen johtamisen työkaluja                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 12a. Laadunvarmistus ja laadunvalvontajärjestelmät                                                             | ks 1b.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 12b. Muutosten hallinta                                                                                        | ks 1b.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                          | 12c. OSM-käsikirja                                                                                             | OSM-käsikirja on laadittu nykytoiminnoille kaivosvastuujärjestelmän vaatimusten mukaisesti vuosina 2020-2021.                                                                                                                                                                                                                                                                                           | OSM-käsikirjassa on laajempi sisältö kuin patoturvallisuuslain mukaisessa patoturvallisuuskansiossa (494/2009). Sisältää mm padon rakentamisen, muutosten hallinnan, tarkkailun ja sulkemisen.                                                                                                                                                                    |

| BAT-päätelmät |                                                                                              | Päätelmän vastaavuus toiminnassa / hankkeen asiakirja, jossa kohta kuvattu tarkemmin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Lisäselvitykset/toimenpiteet BAT päätelmän vaatimusten täyttämiseksi                                                                                                                                                                          |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               |                                                                                              | Yaralla on oma TOPS (Technical operation standard) patoturvallisuuteen ml. patojen suunnittelu liittyen, siellä on mm. vaateet kolmannelle osapuolella teetettävistä suunnitelmien varmentamisista.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Laajempi sisältö kuin BAT vaatimuksissa.                                                                                                                                                                                                      |
|               | 12d. Toimenpiteet onnettomuuksien lieventämiseksi sisältäen pelastussuunnitelman.            | ks. 1b                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                               |
| BAT13         | Pohjatutkimukset                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                               |
|               | Kaivannaisjätteen sijoitusalueen tukevan maapohjan geoteknisten ominaisuuksien selvittäminen | VE1-VE4: YVA-vaiheessa laajennusalueiden mahdolliset riskipaikat tunnistettu peruskartan ja maaperäkartojen sekä mahdollisten kallioperäkartojen perusteella<br>VE1-VE4: Seuraavissa suunnitteluvaiheissa tehdään laajennusalueiden geotekniset ja hydrogeologiset kohdetutkimukset, joilla arvioidaan rakentamiseen parhaiten soveltuvat alueet. Täydentävät pohjatutkimukset tehdään rakennussuunnitteluvaiheessa. Pohjatutkimusohjelman laatii pätevä pohjarakennesuunnittelija ja patojen osalta noudatetaan patoturvallisuuslain pätevyysvaatimuksia.                                                                                                                      | VE1-VE4: Laajennusalueilla mahdollisesti sijaitsevat riskipaikat huomioidaan seuraavissa suunnitteluvaiheissa, ks 17d.                                                                                                                        |
| BAT14         | Padon rakennusmateriaalien valinta                                                           | VE1-VE4: YVA-vaiheessa tehty laajennusalueiden patotyyppien valinta ja periaatteellisten rakennepoikkileikkausten esitys. Rakenteissa hyödynnetään aiemmin alueella käytettyjä ja turvallisiksi todettuja rakenteita/materiaaleja. Alustavat massataselaskelmat ovat valmistuneet, ja niiden perusteella moreenia ja maisemointimassoja on saatavilla riittävästi.<br>VE1-VE4: Seuraavissa suunnitteluvaiheissa mitoitukset tarkastetaan tarkentuvien pohjatutkimusten ja materiaalien geoteknisten ominaisuuksien perusteella. Lisäksi määritetään materiaalien kelpoisuusvaatimukset geoteknisten ja ympäristöominaisuuksien osalta. Toteutusvaiheessa kelpoisuuden seuranta. | VE1-VE4: Rakennemateriaalien laadun mahdollinen vaihtelu huomioidaan seuraavissa suunnitteluvaiheissa ja toiminnan aikana<br>VE1-VE4: Suodatinrakenteiden pitkäaikaistoimivuuden herkkyystarkastelu tehdään seuraavissa suunnitteluvaiheissa. |
| BAT 15        | Patojen rakennusmenetelmät                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                               |
|               | 15a. Nesteitä ja nestemäisesti käyttäytyviä aineita pidättävien rakenteiden tekniikat        | VE1-VE4: Saarisenjärven pato toteutetaan vesitiiviinä vyöhykepatona, jossa suotovirtaus padossa estetään/suotovirtausta pienennetään vesitiiviillä ponttiseinäarakenteella padon keskellä, sekä tiivistysydämellä.<br>VE1-VE4: Rikastushiekka-alueiden ja vesialtaiden padot toteutetaan suotaavina homogeenisina maapatoina ja/tai vyöhykepatoina.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | VE1-VE4: Ponttiseinämän pitkäaikaistoimivuuden herkkyystarkastelu tehdään seuraavissa suunnitteluvaiheissa.                                                                                                                                   |
| BAT16         | Patojen rakennusmenetelmät                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                               |
|               |                                                                                              | VE1-VE4: Laajennusalueiden patojen suunnittelussa noudatetaan patoturvallisuuslakia. Suunnittelun tekee pätevä pohjarakennesuunnittelija ja suunnitelmat hyväksyy ja padon luokittelee patoturvallisuusviranomainen. Suunnittelussa huomioidaan padon koko käyttöikä korotusvaiheineen ja myös sulkemisen jälkeinen tilanne. Padoille laaditaan vahingonvaaraselvitys ja tarkkailusuunnitelma. Rakentamisen aikana laatua valvotaan ja valvonta dokumentoidaan myös patoturvallisuusviranomaiselle.<br>Toiminta-aikana patoja tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään yhteistyössä viranomaisten kanssa padon turvallisuusasiakirjojen mukaisesti.                              |                                                                                                                                                                                                                                               |
|               | 16a. Alkupatojen rakentaminen                                                                | VE1-VE4: Laajennusalueiden rikastushiekka-alueiden padot rakennetaan alkupadon avulla. Alkupato rakennetaan ja suunnitellaan huomioiden padon korotukset (vyöhykepato). Patoon suunnitellaan suodatin -ja kuivatuskerrokset ja padon yhteistoiminta kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisen veden keräys- ja hallintajärjestelmien kanssa suunnitellaan huolellisesti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                               |

| BAT-päätelmät |                                                                                 | Päätelmän vastaavuus toiminnassa / hankkeen asiakirja, jossa kohta kuvattu tarkemmin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Lisäselvitykset/toimenpiteet BAT päätelmän vaatimusten täyttämiseksi                                                                                                                     |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | 16c. Alavirtaan korottaminen                                                    | VE1-VE4: Laajennusalueiden rikastushiekka-altaiden padot voidaan rakentaa vaiheittain alavirtaan korotettuina vyöhykepatoina, mikäli patoja ei rakenneta kerralla lopulliseen harjakorkeuteen. Alavirtaan korotettu pato rakennetaan kaivoksen louheesta ja tiivisrakenteen tekemiseen käytetään moreenia. Materiaalien soveltuvuus tutkitaan BAT14 mukaisesti. Patokorotusten suunnitteluun sisältyvät suodattimet ja padon kuivatusjärjestelmät. Padon ja sen korotusten suunnittelussa varmistetaan padon kuivatusvesien riittävä hallinta ja padon stabiliteetti kaikissa vaiheissa, myös jätealueen sulkemisen jälkeen. Padon toiminta-aikana seurataan suotovedenpintaa. |                                                                                                                                                                                          |
|               | 16f. Heikosti vettä läpäisevä, luonnollinen maaperä - pohjarakenne              | VE1-VE4: Laajennusalueiden patojen pohjarakenteena käytetään ensisijaisesti tiivistä luonnonmaata, pehmeikköalueilla massanvaihtoa. Mikäli maaperän vedenjohtokykyä ei voida varmistaa kaikissa tilanteissa, rakennetaan lisäkuivatusjärjestelmä. Rikkonaiset kallio-osuudet slammataan, tarpeen mukaan tehdään kallioinjektioita.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                          |
| BAT17         | Maan päälle rakennettavien kiinteän jätteen sijoitusalueiden rakennusmenetelmät |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                          |
|               | 17a. Alhaalta ylöspäin rakennusmenetelmä: kerrospengerrys, nouseva rakenne      | Sivukivialueiden rakennusmenetelmänä on nouseva kerrospengerrys. Käytössä olevien sivukivialueiden osalta on tehty stabiliteettiselvitykset ja laskelmat, ja painumia seurataan toiminnan aikana.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Mikäli sivukiven geotekniset ominaisuudet muuttuvat pitkällä aikavälillä (BAT3), tulisi sivukivikasojen stabiliteetti arvioida uudestaan                                                 |
|               | 17b. Ylhäältä alaspäin rakennusmenetelmä: päätypengerrys, laskeva rakenne       | Rikastushiekka-alueilla rikastushiekka levitetään putkella louhetukipenkereellä rajatulle läjitysalueelle. Vesienkäsittelysakka läjitetään penkereillä rajatulle alueelle.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                          |
|               |                                                                                 | Nykyisen läjitysalueen tukipenkereet ja täytön kaltevuus on varmistettu stabiliteettilaskelmilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | VE1-VE4: Laajennusalueilla läjityskorkeus ja sisäisen vesipinnan taso ovat nykyistä korkeammalla. Läjityksen stabiliteetti varmistetaan seuraavissa suunnitteluvaiheissa.                |
|               | 17d. Heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne luonnonmaasta                        | Sivukivi ja rikastushiekka on luokiteltu pysyväksi, vaarattomaksi jätteeksi. Kaivannaisjätealueiden pohjarakennevaatimukset määräytyvät kaivannaisjätteen ominaisuuksien ja luokittelun perusteella.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Nykyisten kaivannaisjätteiden ominaisuuksista pitkällä aikavälillä on tekeillä selvityksiä (BAT 3).                                                                                      |
|               |                                                                                 | VE1-VE4: Laajennusalueiden pohjarakennevaatimukset ovat samat kuin nykyisille sivukiven ja rikastushiekan läjitysalueille.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Kaivannaisjätteiden ominaisuuksia tarkennetaan seuraavissa suunnitteluvaiheissa ja seurataan toiminnan aikana.                                                                           |
| BAT18         | Vesitaseen tarkastelu                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                          |
|               | 18a. Vesitase (kokonaisvesitaseen ja ainetaseen laskenta                        | Toiminnan aikainen vesi- ja ainetase on laadittu nykyisille ja laajennusalueille.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sulkemisvaiheen vesi- ja ainetase laaditaan toiminnan aikana.                                                                                                                            |
|               |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Poikkeuksellisten sateiden huomiointi vesitaseissa; käsiteltävien vesien määrän ja laadun sekä maastoon johdettavien hulevesien määrien ja virtaamien tarkastelu.                        |
|               |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | VE1-VE4: Mustin rikastushiekka-alueen sisäinen vesipinta tulee olemaan nykyistä korkeammalla, ja korkeamman vesipaineen vaikutus maaperään suotautuvien vesien määrään tulisi mallintaa. |



| BAT-päätelmät |                                                                                 | Päätelmän vastaavuus toiminnassa / hankkeen asiakirja, jossa kohta kuvattu tarkemmin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Lisäselvitykset / toimenpiteet BAT päätelmän vaatimusten täyttämiseksi                                                                                                                                                      |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | 18b. Vesienhallintasuunnitelma                                                  | Sulkemisvaiheen vesienhallintasuunnittelu on periaatetasolla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sulkemisvaiheen periaatetason vesienhallintasuunnitelmaa tarkennetaan toiminnan aikana, mm. mahdolliset muutokset pumpppausjärjestelyissä, käyttöön jäävät altaat ja tarvittavat allastilavuudet sekä purku-uomat maastoon. |
|               |                                                                                 | VE1-VE4: Laajennusalueiden vesienhallinnasta on yleissuunnitelma. Suunnitelmaa tarkennetaan seuraavissa suunnitteluvaiheissa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sulkemisvaiheen vesienhallintasuunnitelma laaditaan seuraavissa suunnitteluvaiheissa.                                                                                                                                       |
| BAT 19        | Mitoitustulva                                                                   | Suunnittelussa noudatetaan patoturvallisuuslakia ja suunnittelu tehdään patoluokan mukaisella mitoitustulvalla ja sen toistuvuudella. Häätilyvuotojärjestelmät ja altainen varastokapasiteetti suunnitellaan riittävän suuriksi mitoitustulvan varalta. Myös mahdolliset häiriötilanteet huomioidaan. Seuraavissa suunnitteluvaiheissa patojen luokituksen mukaiset vahingonvaara-arviot ja patojen mitoitus. Yrityksellä on oma TOPS (Technical operation standard) patoturvallisuuteen ml. patojen suunnittelu liittyen, siellä on mm. vaateet kolmannella osapuolella teetetävistä suunnitelmien varmentamisista. | Laajempi sisältö kuin BAT vaatimuksissa.                                                                                                                                                                                    |
| BAT 20        | Vapaan veden hallinta                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                             |
|               | 20e. Suotovedenpinnan lasku sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa                    | Rikastushiekka-alueiden vedet johdetaan painovoimaisesti ja puretaan alueelta ylivuotokynnyksen kautta louhoksiin tai ympäristöön.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sulkemisvaiheen vesienhallintasuunnitelmassa tulisi tarkastella mahdollisuutta rikastushiekka-alueiden sisäisen suotovedenpinnan alentamiseen.                                                                              |
|               | 20f. Rantavyöhykkeen vähimmäispituus                                            | Ei relevantti. Rikastushiekan läjitys rajautuu louhetukipenkereisiin. Louhetukipenkereen ja padon väliin jää vesivarasto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                             |
|               | 20g. Kuivavara                                                                  | Määritely patoturvallisuuslain mukaisesti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                             |
|               | 20h,k Häätäjuoksutus/hätäpurku                                                  | Häätilyvuotojärjestelmät mitoitetaan ja altainen varastokapasiteetti suunnitellaan patoturvallisuusohjeiden mukaan riittävän suuriksi mitoitustulvan varalta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                             |
| BAT21         | Kuivatusjärjestelmät                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                             |
|               | 21a. Patojen ja altainen kuivatusjärjestelmät                                   | Rikastushiekkakasan ja padon väliin jää vesivarasto, jonka tasoa säädelään ylivuotoputkilla ja ylivirtausrakenteella. Vesivarastosta vedet johdetaan padoilla rajattuun vesialtaaseen. Patojen suotovesipintaa ja kuivatusrakenteita tarkkaillaan tarkkailuohjelman mukaisesti , ks. BAT 15 ja 16.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sulkemisvaiheen vesienhallintasuunnitelman toimenpiteet vesivaraston ja vesialtaan osalta.                                                                                                                                  |
|               |                                                                                 | VE1-VE4: Seuraavissa suunnitteluvaiheissa rikastushiekan laajennusalueiden suunnitelmia tarkennetaan, mm ylivuotojärjestelmät mitoitetaan ja sovitetaan nykyisiin rakenteisiin sekä mitoitetaan ja suunnitellaan suodattimet siten, että patojen hydraulinen gradientti on riittävän loiva.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Selvitys patojen suotovesiojien pumpppausjärjestelyistä vesien pumpppaamiseksi takaisin vesivarastoon ja prosessikiertoon                                                                                                   |
|               |                                                                                 | VE2 ja VE4: Rikastushiekan laajennusalueiden itä- ja eteläreunan vesivaraston tasoa säädelään pumpppaamalla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | VE1-VE4: Suodatinrakenteiden pitkäaikaistoimivuuden herkkyytstarkastelu tehdään seuraavissa suunnitteluvaiheissa.                                                                                                           |
|               | 21b. Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmä | Sivukivien läjitysalueilla hulevedet imeytyvät täyttöön muodostaen suoto- ja valumavettä, joka suotautuu joko ympärysojiin tai maaperään. Sulkemisvaiheessa kasvillisuus lisää haihduntaa ja kasvillisuuspeitto ohjaa hulevesiä läjitysalueen ulkopuolelle vähentäen imeytyvien vesien määrää.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                             |
|               |                                                                                 | Rikastushiekka-alueella hulevedet ja rikastushiekan kantoaineena tuleva vesi imeytyvät rikastushiekkaan muodostaen suotovettä, joka joko suotautuu louhepenkereiden läpi vesivarastoon tai imeytyy maaperään.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Rikastushiekka-alueen louhetukipenkereen vedenjohtavuuden herkkyytstarkastelu sekä sulkemisvaiheessa valumavesien hallinta läjitysalueen päältä ja pintavesieroosion hallinta.                                              |
| BAT22         | Kaivannaisjätteen sijoitusalueen geotekniset analyysit                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                             |

| BAT-päätelmät                                                                        |                                                                                        | Päätelmän vastaavuus toiminnassa / hankkeen asiakirja, jossa kohta kuvattu tarkemmin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Lisäselvitykset/toimenpiteet BAT päätelmän vaatimusten täyttämiseksi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                      | 22a. Geotekniset analyysit altaille ja padoille                                        | VE1-VE4: Laajennusalueiden suunnittelun aikaiset geotekniset analyysit (painumat, vakavuuslaskelmat, kantavuus). Seuraavissa suunnitteluvaiheissa laajennusalueiden patojen stabiliteettitarkastelut huomioiden koko toiminta-aika ja eri korotusvaiheet, sekä mahdolliset riskitilanteet ICOLDIN ohjeiden mukaan (varastokapasiteetti ja padon korotusten tiheys, suotovedenpinnan taso padossa, vapaan veden aiheuttama kuormitus, patojen ja perustusten pohjarakenteissa käytettyjen rakennusmateriaalien fysikaaliset ominaisuudet, rakentamisen ja padon korottamisen geometria, jäätymiseen ja geokemiaan liittyvät kuormitukset kuten routasyvyys ja mahdollinen kemiallinen rapautuminen). | Kansainvälinen ohjeistus on tiukempaa kuin Suomessa, ja ohjeistuksen tiukentumiseen voi olla hyvä varautua. Seismistä kuormitusta ei erikseen huomioida, koska maanjäristysriskit Suomessa ovat huomattavan pieniä. Nesteytymistä (staattinen tai dynaaminen) ei erikseen arvioida johtuen jätteen läjitystavasta (pastaläjitys, vesipitoisuus alhainen). Kansainvälinen ohjeistus stabiliteetin osalta myös tiukempaa. |
|                                                                                      | 22b. Geotekniset analyysit maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille | VE1-VE4: Seuraavissa suunnitteluvaiheissa laajennusalueiden maaperän kantavuuden ja stabiliteetin riittävä varmistus pohjatutkimuksin ja suunnitteluratkaisuin.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| BAT23                                                                                | Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu         | VE1-VE4: Seuraavissa suunnitteluvaiheissa laajennusten patojen tarkkailuohjelmat laaditaan padon luokitusta vastaavasti ja hyväksytetään patoturvallisuusviranomaisella. Kaivannaisjätealueiden tarkkailu yhteensovitetaan nykyisen seurannan ja tarkkailun kanssa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| BAT24                                                                                | Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 24a. Kelpoisuustarkastukset (kolmannen osapuolen kanssa tai ilman)                     | Patojen kelpoisuutta seurataan patoturvallisuuslain mukaisesti. Sivukiven läjitysalueen vakavuutta ja rikastushiekka-alueiden vakavuutta seurataan tarkkailuohjelmien mukaisesti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Tarkkailuohjelmien päivityksessä riskinarvion huomiointi (ks. BAT 5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                      | 24b. Sisäinen auditointi                                                               | ks. BAT 1b                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 24c. Ulkoinen auditointi                                                               | ks. BAT 1b                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Kaivannaisjätteiden fysikaalisen ja kemiallisen pysyvyyden hallinta                  |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| BAT27                                                                                | Kaivannaisjätteen kiintoaine/neste -suhteen hallinta                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 27a. Mekaaninen seulonta                                                               | Rikastuksen eri vaiheissa poistetaan harmemineraaleja ja rikastushiekan käsittelyssä poistetaan vaiheittain vettä. Rikastushiekan käsittelyprosessi koostuu kohdista 27a - 27b, ja lopullinen viimeistely tapahtuu pastalaitoksella (ks. BAT 27c).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 27b. Hydrosyklonointi                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 27c. Sakeutus ja selkeytys                                                             | Rikastushiekka sakeutetaan pastalaitoksella noin 70% kiintoainepitoisuuteen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 27d. Vedenpoisto painegradientin tai sentrifugoinnin avulla                            | Ei relevantti. Vettä poistetaan sakeuttimilla keskipakoisvoimaan perustuen (ks. BAT 27c).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| BAT29                                                                                | Kaivannaisjätteen tiivistäminen, konsolidointi ja läjitys                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 29a. Sakeutetun tai pastamaisen kaivannaisjätteen sijoittaminen suihkutusputkilla      | Rikastushiekan läjitys tapahtuu putkilinjoilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| BAT30                                                                                | Haitta-aineiden liukenemisen estäminen tai vähentäminen                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 30b. Kaivannaisjätteen tiivistäminen, konsolidointi ja                                 | ks. BAT 29                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 30c. Vaiheittainen kunnostus                                                           | ks. BAT 38a.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Pohjaveden tilan huononemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| BAT37                                                                                | Vesijakeiden hallinta                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 37a. Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan                                   | ks. BAT 42b.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 37b. Altainen ja patojen kuivatusjärjestelmät                                          | ks. BAT 21a.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      | 37c. Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät       | ks. BAT 21b.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                      |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| BAT-päätelmät                                               |                                                                                                                                       | Päätelmän vastaavuus toiminnassa / hankkeen asiakirja, jossa kohta kuvattu tarkemmin                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Lisäselvitykset / toimenpiteet BAT päätelmän vaatimusten täyttämiseksi                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                             | 37d. Maisemointi ja maaston muotojen uudelleen rakentaminen.                                                                          | ks. BAT 42d.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |
| BAT38                                                       | Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittäminen                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             | 38a. Vaiheittainen kunnostus                                                                                                          | Sulkemistoimenpiteitä tehdään jo toiminnan aikana. Sivukivialueita suljetaan läjitäyttöalueen saavutettua suunnitellun läjitäyttökorkeuden. Rikastushiekka-alueilla alueet maiseloituvat luonnostaan, mutta kasvittumista edistetään kasvillisuuspeitolla ja kylvöillä.                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             | 38c. Kasvillisuuspeitot                                                                                                               | Sivukivi ja rikastushiekka on luokiteltu pysyväksi, vaarattomaksi jätteeksi. Kaivannaisjätealueiden pintarakennevaatimukset määräytyvät kaivannaisjätteen ominaisuuksien ja luokittelun perusteella. Peittomateriaalien laatua tarkkaillaan ja niiden käyttö hyväksytetään aina ELY:llä tulosten perusteella.                                                                                  | Nykyisten kaivannaisjätteiden ominaisuuksista pitkällä aikavälillä on tekeillä selvityksiä (BAT 3).                                                                                                                                      |
| BAT40                                                       | Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu                                                                                  | Pohja- ja pintavesien sekä louhoksen kuivatusvesien tarkkailu. Toiminnan aikainen vesi- ja ainetase.                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sulkemisen aikainen vesi- ja ainetase tehdään toiminnan aikana.                                                                                                                                                                          |
| Pintavesien tilan huononemisen ehkäiseminen ja vähentäminen |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |
| BAT42                                                       | Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien muodostumisen ehkäiseminen tai vähentäminen                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             | 42a. Louhinnasta, rikastuksesta ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämavesien uudelleen käyttö tai kierrätys | Rikastushiekka-alueiden vesivarastot ja vesiallas ovat prosessivesikierrossa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             | 42b. Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana                                                                           | Rikastushiekka-alueilla padot rajaavat vesivarastoja ja altaita ympäristöstä.<br>Sivukivialueiden ympärysojiin ja rikastushiekka-alueita ympäröivien patojen suoto-oihin voi sekoittua ympäristön valumavesiä alueilla, jossa ei ole niskaajia. Nykyisin em ympärysojien ja patojen suoto-ojien vedet voidaan johtaa niiden laadun puolesta maastoon.                                          | Ympäry- ja suoto-ojien eriyttämistä maaston valumavesistä pitäisi selvittää, mahdollista myöhempää suoto-vesien käsittelytarvetta varten.                                                                                                |
|                                                             | 42c. Kaivannaisjätteiden peittäminen                                                                                                  | ks. BAT 38                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             | 42d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen                                                                            | Kasvillisuuden ja puuston kasvun edistäminen kaivannaisjätealueilla kasvillisuuspeitolla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Kaivannaisjätealueilla biodiversiteetin edistäminen soveltuvilla kylvösiemenseoksilla/kasvi- tai puulajeilla.                                                                                                                            |
|                                                             | 42e. Vähäisiä ympäristövaikutuksia omaavien reagenssien käyttö                                                                        | ks. BAT45c                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                          |
| BAT43                                                       | Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien kerääminen ja käsittely                                                               | Rikastushiekka-alueiden vesivarastot ja vesiallas ovat prosessivesikierrossa. Se osa vedestä, jota ei käytetä uudelleen prosessissa, johdetaan allaspuhdistamolle, jossa vedestä poistetaan erityisesti kiintoainetta ja fosforia. Itävesialtaan puhtaat vedet johdetaan ulos järjestelmästä ja kierrätetään prosessissa tarpeen mukaan.                                                       | Selvitys rikastushiekka-alueen patojen läpi suotautuvien vesien pumppaamisesta takaisin prosessikiertoon.                                                                                                                                |
| BAT45                                                       | Suspensiossa olevan kiintoaineen tai (orgaanisten) nesteiden poistaminen                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             | 45a. Painovoimainen erotus laskeutusaltaissa                                                                                          | Allaspuhdistamosta maastoon johdettavien prosessivesien käsittely. Tekeillä on selvitys allaspuhdistamon tehostamisesta siten, ettei sulfaattikuormitus nousisi. Avolouhosten kuivatusvesien kiintoaineen laskeutus nykyisin pumppaamon laskeutusaltaissa ja Itävesialtaassa ennen vesien johtamista purkuun. Tekeillä on arvio louhosvesien kiintoaineen laskeutuksen tarpeesta ja keinoista. |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             | 45c. Koagulaatio ja flokkulaatio                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |
| BAT46                                                       | Liuenneiden aineiden poistaminen                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             |                                                                                                                                       | Rikastushiekka-alueiden suotovedet johdetaan vesivarastosta prosessikiertoon. Patojen läpi tai maaperän/kallioruhjeiden kautta sulfaatin ja vähemmässä määrin fosforin hajakuormitusta.                                                                                                                                                                                                        | Sulkemisen aikainen vesi- ja ainetase tehdään toiminnan aikana.<br>Rikastushiekkan pitkäaikaikäkäyttymisestä ja fosforin alkuperästä on tekeillä selvitykset (BAT3). Selvitysten jälkeen arvioidaan mahdollisia vähentämistoimenpiteitä. |
|                                                             |                                                                                                                                       | Sivukivialueiden vedet johdetaan maastoon. Vesistä kohdistuu typpikuormitusta ja sulfaattikuormitusta alapuolisiin vesistöihin. Typpikuormitusta pyritään vähentämään räjähdysainetta kehittämällä ja sen käytön optimoinnilla.                                                                                                                                                                | Sulkemisen aikainen vesi- ja ainetase tehdään toiminnan aikana.<br>Sulfaatin alkuperästä ja sivukivien pitkäaikaikäkäyttymisestä on tekeillä selvitykset (BAT3).                                                                         |

| BAT-päätelmät                                                                                  |                                                                                                                            | Päätelmän vastaavuus toiminnassa / hankkeen asiakirja, jossa kohta kuvattu tarkemmin                                                                                                                                                                                                                                                                        | Lisäselvitykset / toimenpiteet BAT päätelmän vaatimusten täyttämiseksi                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                |                                                                                                                            | Prosessikierrosta poistuvien vesien käsittely allaspuhdistamossa. Selvityksiä sulfaattikuormituksen pienentämiseksi on tekeillä.                                                                                                                                                                                                                            | Selvitys sulkemisvaiheen vesienhallinnasta ja mahdollisista passiivisista käsittelymenetelmistä. |
| BAT48                                                                                          | Pintavesiin kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu                                                                   | Pintavesien tarkkailu ja tarkkailuohjelman päivitys lupaehtojen mukaisesti                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                  |
| Ilmapäästöjen ehkäiseminen ja vähentäminen                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                  |
| BAT49                                                                                          | Kaivannaisjätteiden paljailta pinnoilta peräisin olevan pölyämisen ehkäiseminen tai vähentäminen                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                  |
|                                                                                                | 49a. Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus                                                                           | Pölyämisen vähentäminen rikastushiekkalietteen purkupaikkaa vaihtamalla. Käytössä kaksi vesi-/lumitykkiä, joilla voidaan kastella pölyäviä alueita. Pölyntorjuntatoimien jatkuva kehittäminen.                                                                                                                                                              |                                                                                                  |
|                                                                                                | 49b. Tuulensuojajärjestelmät                                                                                               | Ei relevantti. Laajoilla alueilla esteen tulisi olla todella korkea, jotta sillä olisi vaikutusta.                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                  |
| BAT50                                                                                          | Kaivannaisjätteen kuljetuksessa ja käsittelyssä aiheutuvan pölyämisen ehkäiseminen ja pienentäminen                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                  |
|                                                                                                | 50a. Jatkuvatoimiset järjestelmät                                                                                          | Rikastushiekan läjitys tapahtuu putkilinjoilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                  |
|                                                                                                | 50b. Organisaation suunnittelutekniikat                                                                                    | Sivukivien kuljetusreitit on optimoitu suunnitteluvaiheessa. Yaran alueella on voimassa nopeusrajoitus 30 km/h.                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                  |
| Muiden ihmisen terveyteen ja ympäristöön kohdistuvien vaikutusten ehkäiseminen ja vähentäminen |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                  |
| BAT53                                                                                          | Kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvan melun ehkäiseminen ja pienentäminen                                              | Sivukivialueiden läjitys aloitetaan rakentamalla alueen ympärille meluvallivallirakenne louheesta. Sivukiven läjityksessä täyttöteiden ja lakialueen turvavalleilla vähennetään läjityksestä aiheutuvaa melua. Yöaikana sivukiveä läjitetään ainoastaan meluvallien sisäpuolella. Teillä käytössä nopeusrajoitukset. Rikastushiekan läjitys putkilinjoilla. |                                                                                                  |
| BAT55                                                                                          | Kaivannaisjätteiden hallinnan maisemavaikutusten ja maankäytön jalanjäljen ehkäiseminen tai minimoiminen                   | ks. BAT 42d.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                  |
| BAT56                                                                                          | Kaivannaisjätteiden hallinnan aiheuttaman energian ja aineiden kulutuksen minimointi                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                  |
|                                                                                                | 56a. Energiankulutuksen vähentäminen                                                                                       | Rikastushiekan sakeutus sijoittuu rikastushiekka-alueen välittömään läheisyyteen. Sivukivien läjitysalueet sijoittuvat mahdollisuuksien mukaan louhosten lähelle. Rakentamisen ylijäämämaiden sijoitus mahdollisuuksien mukaan lähelle niiden lopullista käyttökohdetta/sijaintipaikkaa.                                                                    |                                                                                                  |
|                                                                                                | 56b. Vedenkulutuksen vähentäminen                                                                                          | Rikastushiekka-alueiden vesivarastot ja vesialtaat ovat prosessivesikierrossa.                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                  |
| BAT57                                                                                          | Luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan vaikutusten ehkäiseminen tai minimoiminen |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                  |
|                                                                                                |                                                                                                                            | VE0 / nykytoiminnan osalta seuranta esitetty toimipaikan tarkkailuohjelmassa yleispiirteisesti. Tarkkailuohjelman päivitys on käynnissä ja tavoitteena saada valmiiksi sekä käyttöön vuoden 2024 aikana.                                                                                                                                                    |                                                                                                  |