

**LIITE 26: SAKATIN KAIVOSHANK-
KEEN YVA-VAIHEEN SULKEMIS-
SUUNNITELMA**

AA SAKATTI MINING OY

Sakatin kaivoshankkeen YVA-vaiheen sulkemissuunnitelma

16.11.2020



AFRY Finland Oy, dokumenttitiedot:

Asiakas: AA Sakatti Mining Oy

Projektinnumero: 101010323-001

Versiot:

- A Päiväys: 13.1.2020
Laatijat: Kaisa Kettunen, Heli Harju, Anneli Wichmann
- B Päiväys: 14.1.2020
Tarkastaja: Päivi Picken
- A Päiväys: 27.5.2020
Muutokset: Päivi Picken
- B Päiväys: 28.5.2020
Tarkastaja: Kaisa Kettunen
- A Päiväys: 14.9.2020
Muutokset: Anneli Wichmann, Sofia Malmström, Joona Sorsa
- B Päiväys: 15.9.2020
Tarkastaja Päivi Picken
- A Päiväys: 21.10.2020
Muutokset: Sofia Malmström, Joona Sorsa
- B Päiväys: 2.11.2020
Tarkastaja Päivi Picken

16.11.2020

Tiivistelmä

Tämä Sakatin kaivoksen sulkemista koskeva raportti on laadittu YVA-selostuksen tueksi. Tässä dokumentissa kuvataan alustavat sulkemiskäytännöt ja tarkastellaan YVA-vaihtoehtoja käsitteellisellä tasolla, kaivoksen sulkemisvaiheessa ja sulkemisen jälkeen. Tarkastelutapa on riskilähtöinen. Lisäksi kuvataan sulkemissuunnittelun eteneminen jatkossa pääpiirteissään.

AA Sakatti Mining Oy, Anglo American -konserniin kuuluva AA Sakatti Mining Oy (AASM) on vuonna 2011 perustettu suomalainen liiketoimintayksikkö, suunnittelee Sodankylässä sijaitsevan Sakatin monimetalliesiintymän hyödyntämistä. Sakatin monimetalliesiintymän päämetallit ovat kupari ja nikkeli, minkä lisäksi malmi sisältää platinaa, palladiumia, kobolttia, kultaa ja hopeaa. Esiintymän nyt tunnetut mineraalivarannot ovat noin 44,4 miljoonaa tonnia. Yhtiön suunnitelmissa on aloittaa malmin louhinta 1,25-1,8 milj. t/v kapasiteetilla, joka tekee kaivoksen elinkaareksi yli 20 vuotta. Louhinta kaavaillaan toteuttavaksi maanalaisena kaivoksena. Tarvekiveä tullaan louhimaan avolouhostoimintana. Louhinnasta syntyvän sivukiven määräksi on arvioitu 8,8 Mt. Matalarikkisen rikastushiekan määräksi on arvioitu 27,5 Mt. Lisäksi-korkearikkistä rikastushiekkaa syntyy 3,6 Mt.

Hankealueella maan pinnalle sijoitettavia toimintoja ovat maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti- ja rikastamo-alueet, sivukiven, malmin ja pintamaiden sijoitusalueet, sijoitusalueet rikastushiekoille, tiestöt, putkistot, sähkölinjat, vesienhallinta- ja käsittelyrakenteet, pastalaitos (VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b), lämpölaitos, kemikaalien ja räjähdysaineiden varastot sekä varikot. Räjähdysaineiden varastointi siirtyy maan alle rakentamisvaiheen jälkeen. Saniteettivesien osalta käytetään kunnallista liittymää. Vaihtoehtoisissa VE1a ja VE1b pastalaitos sijaitsee maan alla.

YVA:ssa tarkasteltavat (sulkemistyön näkökulmasta keskeiset) päävaihtoehdot ovat seuraavat:

- **VE0:** Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshanketta ei toteuteta
- **VE1:** Sakatin pääesiintymä ja satelliittimalmio NE louhitaan maanalaisena kaivoksena. Rikastamo, kaivoksen sisäänkäynti ja rikastushiekka-alue oheistoimintoihin sijoitetaan Kuusivaaran alueelle.
- **VE2:** Sakatin pääesiintymä ja satelliittimalmio NE louhitaan maanalaisena kaivoksena. Kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Viiankiaavan ja Kitisen väliselle alueelle (pohjoisemmaksi kuin VE1). Rikastamo ja rikastushiekka-alue oheistoimintoihin sijoitetaan Kuusivaaran alueelle.
- **VE3:** Sakatin pääesiintymä ja satelliittimalmio NE louhitaan maanalaisena kaivoksena. Kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Viiankiaavan ja Kitisen väliselle alueelle (pohjoisemmaksi kuin VE2). Rikastamo ja rikastushiekka-alue oheistoimintoihin sijoitetaan Kuusivaaran alueelle.

Sulkemisen kannalta keskeisimmät alavaihtoehdot ovat matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitys ja märkäläjitys. Lisäksi tarkasteluissa on sivuttu kahden eri prosessivaihtoehdon vaikutusta.

Ensisijainen pyrkimys on, ettei sivukivialueita ole jäljellä sulkemisen jälkeen, mutta toistaiseksi ei ole varmuutta siitä, voidaanko kaikki sivukivi hyödyntää rakentamiseen tai louhostäyttöihin kaivoksen toiminnan aikana. Korkearikkisen rikastushiekka käytetään kokonaan kaivostoiminnan edetessä maan alla louhostäytöissä pastan raaka-aineena. Sivukiven, maanpoistomaiden ja korkearikkisen rikastushiekan sijoitusalueet puretaan sulkemisen yhteydessä. Sulkemisen jälkeen kaivannaisjätealueista on siis jäljellä enää matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalue. Kaivoksen sulkemisen näkökulmasta keskeisessä roolissa onkin matalarikkisen rikastushiekka-alueen vuorovaikutus ympäristön kanssa. Tähän vaikuttavat rikastushiekan ja suotovesien laatu, loppusijoitustapa sekä sijoituspaikka. Lisäksi on pohdittu maanalaisen kaivoksen vesien laadun kehittymistä sekä niiden vuorovaikutusta ympäristön kanssa. Maanalaisen kaivoksen vesien muodostumiseen vaikuttavat luontaisten tekijöiden ohessa erilaiset louhostäytöt, kuten sivukivi ja rikastushiekasta muodostettu pasta.

Sulkemiskäytännöt käsittävät useita erilaisia toimenpiteitä. Pääsy maanalaiseen kaivokseen estetään suluilla (vinotunneli- ja kuilusulut). Tarvittaessa maanalaista kaivosta voidaan myös lokeroida (mahdolliset välisulut). Tarkevilouhos luiskataan turvallisesti. Lisäksi tarkevilouhos pidetään aidattuna vähintään täyttymisvaiheen ajan. Matalarikkiselle rikastushiekka-alueelle rakennetaan monikerrospeite. Kuivaläjitysvaihtoehdossa sulke-

16.11.2020

minen tapahtuu vaiheittain, osin jo kaivoksen toiminnan aikana. Lisäksi sulkemistoimenpiteisiin kuuluu infrastruktuurin purkaminen. Aktiivista vesienkäsittelyä jatketaan aktiivisen sulkemisvaiheen (toimenpidevaiheen) ajan.

Matalarikkisen rikastushiekan kuiva- ja märkäläjäytysvaihtoehtojen erot korostuvat aktiivisen sulkemisen aikana, jolloin lähtötilanteen muotoilutarpeet ja stabiilitteetti poikkeavat toisistaan. Kuivaläjäytys on valmiimpi jälkihoidon aloittamiseen lähtötilanteessa. Lisäksi on huomattava, että kuivaläjäytysvaihtoehdossa rikastusalueen sulkeminen tapahtuu osin jo toiminnan aikana. Molemmissa vaihtoehdoissa läjitykseen imeytyvän ja sieltä pois suotautuvan veden määrää pystytään rajoittamaan suhteellisen tehokkaasti pinta- ja pohjarakenteiden yhdistelmän avulla. Märkäläjäytuksesta poistuu alkuvaiheessa kuivaläjäytystä suurempia määriä vettä siirryttäessä vedenpinnan tasapainotilaan, mutta tarvittaessa suotovesien talteenottoa ja käsittelyä voidaan jatkaa jonkin aikaa aktiivisen sulkemisvaiheen jälkeenkin.

Sulkemisen jälkeiset ympäristövaikutukset ja -riskit kohdistuvat ensisijaisesti pohjaveteen rikastushiekkalueen välittömässä läheisyydessä ja vasta välillisesti pintavesien tilaan tai maaluontoon. Riskitarkastelussa on käsitelty erityisesti sulkemisen jälkeisten vaikutusten kohdistumista Viiankiaapaan sekä Kitisen jokivarren pohjavesiesiintymiin ja asutukseen. Riskitarkastelu on tehty kolmelle eri sulkemisen jälkeiselle aikajaksoille alkaen aktiivisten sulkemistöiden ajalle sijoittuvista riskeistä. Muita riskitarkastelussa käsiteltyjä aikajaksoja ovat aktiivisen sulkemistyön jälkeinen aika louhostilojen vedellä täyttymiseen asti sekä louhostilojen täyttymisen jälkeinen aika. Päävaihtoehtoisissa VE2 ja VE3 sulkemistyön aikaisia tai sulkemisen jälkeisiä mahdollisia haitta-aineiden kulkeutumisreittejä voi suuntautua Kitisen jokivarteen ja asutuksen suuntaan. Päävaihtoehtoisissa VE1 ja VE2 mahdollisia haitta-aineiden kulkeutumisreittejä suuntautuu Kuusivaaran eteläpuoliselle alueelle, missä on myös huomioitavia luontoarvoja. Kaivoksen sulkemisen jälkeisten riskien tunnistamisessa, tarkastelun aineiston valossa ja huomioiden kaavaillut hallintakeinot, kaikki tarkastellut vaihtoehdot näyttävät kuitenkin toteutuskelpoisena.

Sekä riskit että vaikutukset kulminoituvat kaivannaisjätteiden sijoitusalueiden sijaintiin - ja aktiivisen sulkemisvaiheen aikana myös vesienkäsittelyalueiden sijaintiin. Maanalaisen kaivoksen ei arvioida vuotavan yli ja sen arvioidaan olevan suhteellisen vähän kosketuksissa ympäristön kanssa. Sulkemisen jälkeen kaivosalueen keskeisimpiä kuormitustekijöitä ovat nikkeli, kloridi, sulfaatti ja sinkki. Aktiivisen sulkemisen aikana ja keskipitkällä aikavälillä kuormitustekijöitä ovat myös fosfori ja typpi. Alustavasti sulkemisen jälkeiset muutokset ympäristössä ovat korkeintaan pieniä, jolloin vaikutusten kokonaismerkittävyys riippuu vastaanottavan alueen herkkyydestä.

Porotalouden osalta vaikutusten oletetaan lieventyvän kaivoksen sulkemisen myötä kaikissa vaihtoehtoisissa.

Sulkemissuunnittelun seuraavissa vaiheissa tarkastelusta karsiutuu vaihtoehtoja ja tarkastelu keskittyy ensisijaisen vaihtoehdon mahdollisimman hyvään sulkemiseen. Riskien tunnistuksesta edetään varsinaiseen riskien arviointiin. Sulkemisskenaariota testataan sulkemisen jälkeisen numeerisen vaikutusarvioinnin avulla ja tarvittaessa sulkemistratkaisuja parannellaan riski- ja vaikutusarviointien tulosten nojalla. Lisätietotarpeiden ja epävarmuuksien tarkastelu ohjaavat kehittämään ja tarkentamaan systemaattisesti tietoa kohteen erityispiirteistä. Anglo Americanin yhtiökohtaiset sulkemissuunnittelun ja sulkemistyön periaatteet ohjaavat työtä. Myös sulkemissuunnitelmien säännöllistä tarkastamista ja auditointeja käytetään vaiheittain tarkentuvassa sulkemissuunnittelussa.

16.11.2020

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
1.1	Tämän raportin tarkoitus ja sisältö.....	1
1.2	Nykyaikainen vaiheittain tarkentuva sulkemissuunnittelu	1
1.3	Kasvava tietämys kohteen erityispiirteistä ja sulkemissuunnittelu kehämäisenä prosessina	2
1.4	Anglo Americanin sulkemissuunnitteluperiaatteet.....	4
1.5	Sakatin sulkemissuunnitteluprosessin nykytila ja eteneminen.....	5
1.6	Riskinarvioinnin hyödyntäminen sulkemissuunnittelussa	7
1.7	Sulkemissuunnittelun tarkastelujaksot	8
2	Suunniteltu kaivostoiminta ja hankevaihtoehdot	9
2.1	Kaivoksen kuvaus tiivistettynä	9
2.2	Hankevaihtoehdot YVA:ssa	9
3	Alueen nykytila, tiivistelmä.....	12
3.1	Vesistöt ja hydrologia	12
3.2	Maa ja kallioperä	13
3.3	Pohjavesi.....	16
3.4	Kasvillisuus ja eläimistö	19
3.5	Elinkeinot ja asutus.....	19
3.5.1	Asutus ja työllisyys.....	19
3.5.2	Poronhoito	20
3.6	Maisema ja kulttuuriympäristö	25
3.7	Ilmasto ja ilmanlaatu	25
3.8	Maankäyttö ja kaavoitus	27
4	Kaivannaisjätteet	28
4.1	Rikastushiekka	28
4.1.1	Rikastushiekan muodostuminen ja käyttö	28
4.1.2	Alustavat tutkimukset 2015 ja 2016	28
4.1.3	Vuoden 2018 tutkimus	29
4.1.4	Mineralogia.....	30
4.1.5	ABA-testi	30
4.1.6	NAG-testi	31
4.1.7	Kokonaispitoisuudet	32
4.1.8	Kontaktiliukoisuustesti	32
4.1.9	NAG-testin loppuliuos.....	33

16.11.2020

4.1.10	Kineettiset testit	34
4.1.11	Monoliitin uuttokoe	36
4.1.12	Vuoden 2020 tutkimus	40
4.1.13	Muut rikastushiekkaan liittyvät tiedot	42
4.2	Sivukivi	42
4.2.1	Sivukiven muodostuminen ja käyttö	42
4.2.2	Näytteiden valinta ja edustavuus	42
4.2.3	Geokemialliset analyysimenetelmät	42
4.2.4	ABA-testi	43
4.2.5	NAG-testi	45
4.2.6	Alkuainepitoisuudet	47
4.2.7	Kontaktiliukoisuustesti	48
4.2.8	NAG-testin loppuliuos	49
4.2.9	Kosteuskammiokoeket	51
4.3	Maa-ainekset	55
4.3.1	Pintamaan poisto ja maanpoistomaan käyttö	55
4.3.2	Maaperän geokemialliset ominaisuudet	55
4.4	Muut jätteet kuin kaivannaisjätteet	56
4.5	Jätteiden ja jätealueiden tuleva luokittelu	57
5	Veden laadut	58
5.1	Rikastushiekka-alueen päästöparametrit sulkemisen jälkeen	58
5.2	Maanalaisen kaivoksen päästöparametrit sulkemisen jälkeen	60
5.3	Tarvekilouhos sulkemisen jälkeen	63
5.4	Sulkemissuunnittelussa erityisesti huomioitavat asiat	64
6	Hankealueen sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellistäminen sekä sulkemisriskien ja -	
	mahdollisuuksien tunnistaminen	65
6.1	Sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellinen kuvaus	65
6.1.1	Sulkemisen jälkeisen tilan yleiskuvaus	65
6.1.2	Sulkemisen jälkeiset valumasuunnat eri vaihtoehtoisissa	65
6.1.3	Vaiheittaisen sulkemisen käsitteellistäminen kuivaläjitysvaihtoehtoisissa	73
6.2	Sulkemisvaiheen ja sulkemisen jälkeisten riskien tunnistaminen	75
6.3	Mahdollisuuksien tunnistaminen	84
6.4	Riskien tunnistamisessa havaitut puutteet ja selvitystarpeet	84
6.5	Jäännösriskien hallinta	85
7	Tavoitteet ja vaatimukset	86

16.11.2020

7.1	Lainsäädännöstä tulevat vaatimukset	86
7.2	Yleiset vaatimukset.....	87
7.3	Numeeriset paikkakohtaiset vaatimukset.....	87
8	Kaivosalueen eri osat ja keskeiset sulkemiskäytännöt	88
8.1	Maanalainen kaivos	88
8.2	Tarvekivilouhos.....	88
8.3	Rikastushiekkojen läjittäminen	89
8.4	Matalarikkinen rikastushiekka.....	89
8.4.1	Pohjarakenteet, vallit ja padot	89
8.4.2	Kuivaläjäytysvaihtoehto, rakentaminen ja peittäminen	90
8.4.3	Märkäläjäytysvaihtoehto, rakentaminen ja peittäminen.....	93
8.5	Korkearikkinen rikastushiekka.....	93
8.6	Sivukivialueet.....	95
8.7	Muut läjitysalueet.....	95
8.8	Teollisuusalue, tiestö, voimalinjat, putkilinjat ja vesienkäsittely	95
8.9	Sulkemistyön vaiheet	97
9	Alustava arvio ympäristövaikutuksista ja sosiaalisista vaikutuksista.....	98
9.1	Yleistä vaikutusarvioinnista	98
9.2	Pohjavesivaikutukset	98
9.3	Pintavesivaikutukset.....	100
9.4	Luontovaikutukset	101
9.5	Sosiaaliset vaikutukset ja vaikutukset elinkeinoihin	101
9.6	Vaikutukset ilman laatuun.....	102
10	Sulkemisvaiheen tarkkailun pääperiaatteet.....	102
11	Kustannuslaskenta ja vakuusarvion laatiminen	103
12	Varautuminen väliaikaiseen tai ennenaikaiseen sulkemiseen	103
12.1	Väliaikainen sulkeminen.....	103
12.2	Ennenaikainen sulkeminen.....	104
13	BAT ja hyvät käytännöt.....	105
13.1	BAT-arvio	105
13.2	Muut hyvät käytännöt.....	108
14	Viitteet.....	109

16.11.2020

1 Johdanto

1.1 Tämän raportin tarkoitus ja sisältö

Tämä Sakatin kaivoksen sulkemista koskeva raportti on käsitteellinen esisuunnitelma, joka on laadittu YVA-selostuksen tueksi. Tässä dokumentissa kuvataan alustavat sulkemistrategiat ja tarkastellaan kaivoksen YVA-vaihtoehtojen sulkemista käsitteellisellä tasolla. Lisäksi kuvataan pääpiirteissään sulkemissuunnittelun eteneminen seuraavissa suunnitteluvaiheissa.

1.2 Nykyaikainen vaiheittain tarkentuva sulkemissuunnittelu

Yleisten kansainvälisten suositusten mukaan sulkemissuunnittelu tarkentuu vaiheittain ja päivitysten kautta (esim. ICMM, 2019, Australian Government, Dept. of industry, Tourism and Resources, 2006, Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto, 2017). Yleensä sulkemissuunnitelmaa kutsutaan käsitteelliseksi suunnitelmaksi ("conceptual plan") lähes kaivostoiminnan loppuun asti (Kuva 1). Sulkemissuunnitelmaa luonnehditaan lopulliseksi tai yksityiskohtaiseksi, kun suljettavan kohteen lopullinen muoto ja tila ovat varmoja ja numeeriset arviot on mahdollista työstää niin tarkasti, että niiden perusteella voidaan laatia sulkemistyön urakkatarjoukset ja määritellä toimeenpanon kone- ja työvoimatarpeet.



Kuva 1. Kaivoksen sulkemissuunnittelun eteneminen suhteessa hankkeen etenemisvaiheeseen, mukaillen karkeasti ICMM:n sulkemissuunnittelun suosituksia.

Vaiheittain tarkentuva sulkemissuunnittelu sisältää työvaiheiden toistoja, kuten toimenpideratkaisun tarkistaminen tiedon karttuessa ja tarvittaessa ratkaisun parantaminen. Lisäksi toistuvat ris-

16.11.2020

kinarviointi ja vaikutusarviointi. Sulkemistoimenpiteet tarkistetaan aina vaikutusarvioinnin ja riskinarvioinnin tarkentuessa.

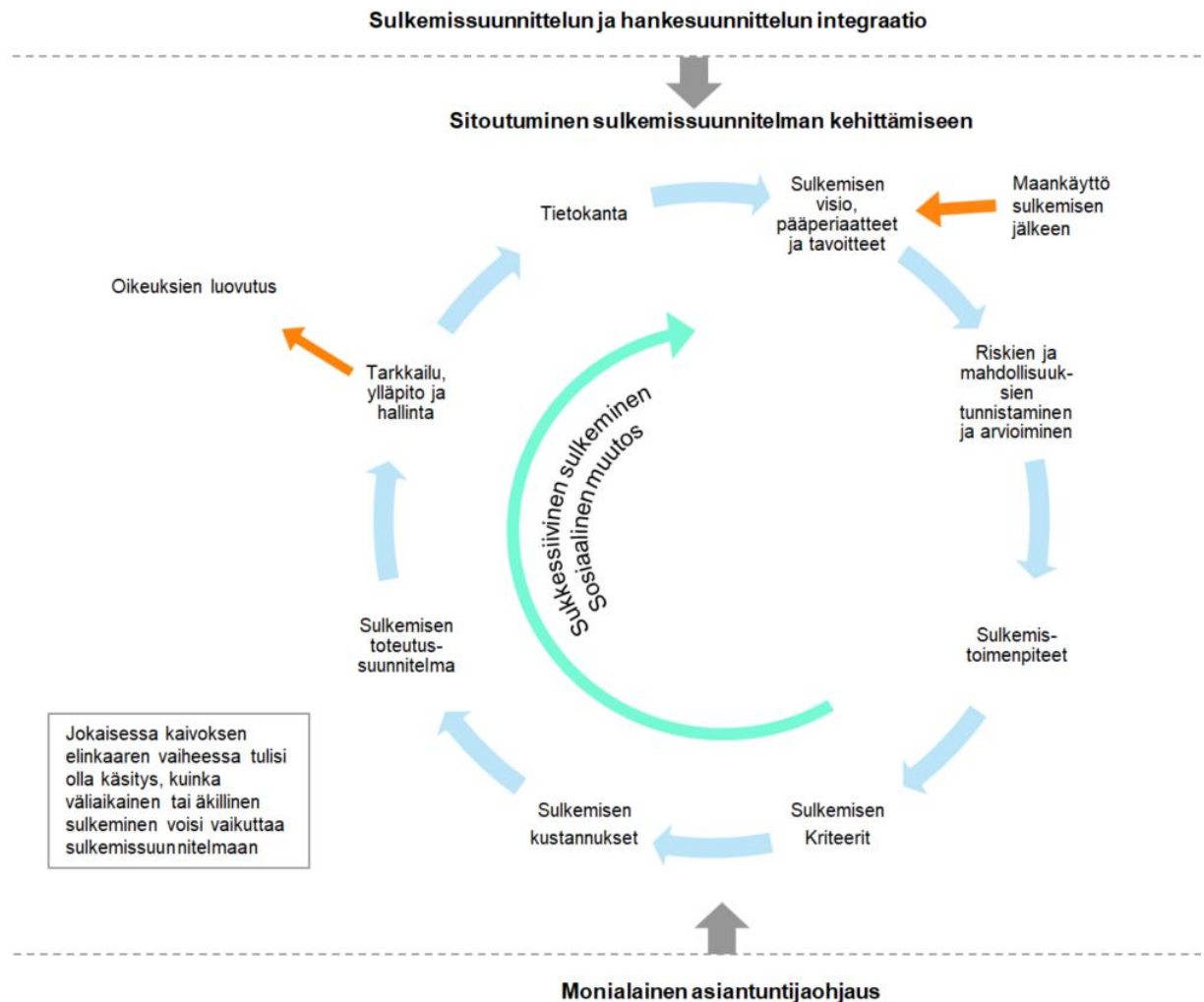
Sulkemistratkeisujen on oltava kestäviä ympäristön, turvallisuuden ja talouden kannalta. Sulkemisella on varmistettava paikalle jäävien rakenteiden vakaus pitkällä aikavälillä ja ettei alueesta aiheudu sulkemisen jälkeen haittaa ympäristölle tai ihmisten ja eläinten terveydelle. On myös varmistettava, ettei alueesta aiheudu sulkemisen jälkeen haittaa ympäristölle –tai ihmisten ja eläinten terveydelle. Sulkemissuunnittelun tavoitteiden on oltava sellaisia, joita vasten sulkemistulosta voidaan selkeästi arvioida.

1.3 Kasvava tietämys kohteen erityispiirteistä ja sulkemissuunnittelu kehämäisenä prosessina

Kaivoksen sulkemisen jälkeiset ympäristövaikutukset ja jäännösriskit on tunnettava. Jotta vaikutukset saadaan hyväksyttävälle tasolle, työvaiheita (erityisesti toimenpidesuunnittelua ja vaikutusarviointia) joudutaan usein toistamaan lukuisia kertoja. Lopulta, sulkemisen aikaisen ja jälkeisen tarkkailun tehtävänä on varmistaa, että tavoitteet todellakin saavutetaan. ICMM (2019) sulkemisoppaassa kuvataankin sulkemissuunnittelua kehänä, toistojen sarjana.

ICMM:n (2019) mukaan keskeistä hyvässä sulkemiskäytännössä keskiössä ovat sulkemissuunnittelun työstäminen osana kaivosalueen eri toimintojen suunnittelua ja sitoutuminen sulkemissuunnitelman kehittämiseen. Jo varhain hankesuunnitteluvaiheessa ryhdytään koostamaan kohteesta aineistoa, joka auttaa ymmärtämään sekä vaikutusaluetta että juuri kyseisessä kohteessa ympäristövaikutuksia sääteleviä tekijöitä. Tällainen tietämys kohteen erityispiirteistä (eli ICMM:n 2019 tarkoittama "knowledge base") mahdollistaa sekä tavoiteasettelun että riskien ja mahdollisuuksien tunnistamisen. Tästä voidaan edetä toimenpide-ehdotuksiin sekä arvioida (ennusteena) vaikutukset ja kriteerien täytyminen. Edelleen voidaan jatkaa kustannusarviointiin, suunnitella toteutus ja määrittellä tavoitteiden ja kriteerien täyttymistä valvova tarkkailu. Suunnittelun edetessä työvaiheet toistuvat kehämäisesti, tietämys kohteen erityispiirteistä tarkentuu ja mahdollistaa entistä yksityiskohtaisempaa sulkemissuunnittelua. (Kuva 2).

16.11.2020



Kuva 2. Kaivoksen sulkemissuunnittelun kehämäisyys ja elementit ICMM:n (2019) mukaan

Tietämystä kohteen erityispiirteistä kehitetään systemaattisesti ja (tieto)puutteita analysoiden. Alueen hydrologiasta ja hydrogeologiasta on oltava perusteellinen käsitys. Maaperä ja kallioperä kuvataan hyvin ja kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttötymisestä tarvitaan luotettavaa tietoa. On arvioitava eri osakohteiden (kuten sivukivialue) tila sulkemisen aikana ja on pystyttävä ennustamaan niiden kehittyminen sulkemisen jälkeisissä olosuhteissa pitkällä aikavälillä. On pystyttävä kuvaamaan osakohteiden yhteys toisiinsa ja kaivosalueen vuorovaikutus ympäristönsä kanssa – eri aikaväleillä. Tuotetaan siis sellainen määrä tietoa, jonka avulla voidaan laskea ja mallintaa haitta-aineiden vapautuminen, pidättäminen, kulkeutuminen sekä niiden pitoisuudet ja vaikutukset, esimerkiksi vastaanottavassa vesistössä.

Ensimmäinen sulkemistoimenpiteitä koskeva luonnos perustuu suurpiirteiseen riskien ja vaikutusten tarkasteluun ja kokemukseräiseen arviointiin hallintakeinoista. Lisäksi luonnoksessa hyödynnetään (Euroopan unionin alueella) myös peittorakenteita koskevia BAT-päätelmiä. Eri tahot käyttävät ensimmäisestä sulkemistoimenpiteitä koskevasta luonnoksesta eri nimiä: se voi olla esimerkiksi ”alustava sulkemisskenaario”. Tämä ensimmäinen sulkemisskenaario on sulkemistyön osaratkaisujen yhdistelmä ja toimii ensimmäisen vaikutusarvioinnin ja riskinarvioinnin alustana. Toisin sanoen,

16.11.2020

laaditaan luonnos sulkemiskäytännöstä ja selvitetään, millaiset ympäristövaikutukset ja jäännösriskit liittyvät kohteeseen, jos se suljetaan tämän luonnoksen mukaisesti.

Jos vaikutukset tai jäännösriskit eivät ole hyväksyttävissä, palataan sulkemiskäytännön luonnoksen äärelle ja laaditaan paranneltu versio ("sulkemiskäytännö 2.0"). Uuden sulkemiskäytännön kanssa edetään uudelleen vaikutusten ja riskien arviointiin. Suunnittelukehän voi käynnistää uudelleen myös muutos kaivoksen toiminnassa. Vaikutusarviointin ja riskinarviointin merkitystä sulkemissuunnittelussa on käsitelty myös BAT-päätelmässä 5 (EC, 2018) sekä ICMM:n oppaassa Integrated Mine Closure: Good practice guide (2019). Vastaava suunnittelun syklisyys on läsnä myös Anglo Americanin omassa sulkemissuunnitteluohjeistuksessa (kappale 1.4).

Jo ensimmäisen sulkemiskäytännön (1.0) määrittely edellyttää kaivoksen toteuttamistavan lukitsemista kohtuullisella tarkkuudella. Sulkemiskäytännön numeerinen vaikutusarviointi lukuisine mallinnustöineen on varsin mittava ja monivaiheinen työ. Tästä syystä monivaihtoehtotarkastelussa (YVA) voidaan päätyä soveltamaan alustavaa suunnittelutasoa sekä sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellistä tarkastelua eri hankevaihtoehdoille. Myös tässä raportissa on kyse alustavasta suunnittelusta ja hankevaihtoehtojen sulkemisen käsitteellisestä tarkastelusta.

1.4 Anglo Americanin sulkemissuunnitteluperiaatteet

Anglo Americanilla on käytössä yhtiön oma sulkemisstandardi (Anglo American 2018). Yhtiön lähestymistavassa sulkemissuunnittelu integroidaan tiiviisti kaivoksen elinkaaren eri suunnittelu- ja toimintavaiheisiin. Standardia sovelletaan kussakin kohteessa yhdessä paikallisen lainsäädännön ja ohjeiden kanssa.

Standardiin kuuluu myös sulkemissuunnittelun "työkalupakki" (Anglo American 2013: The Mine Closure Toolbox), joka sisältää opastuksen, miten standardin minimivaatimuksiin päästään (Kuva 3). Alla esitetään poimintoja Anglo Americanin sulkemissuunnitteluun liittyvistä periaatteista, kaivoksen suunnitteluvaiheen osalta:

- Sulkemissuunnitelman ja kustannusarvion on aina oltava Anglo Americanin Mine Closure Tool Box:n ohjeistuksen mukainen. Sulkemissuunnitelma tarkistetaan vähintään kolmen vuoden välein. Myös vastuunjako varsinaisen sulkemistyön osalta tulee esittää selkeästi.
- Kohteen sulkemisesta laaditaan visio, jota ylläpidetään ja johon liitetään tavoitteet, ml. sulkemisen jälkeinen maankäyttö. Kaivoksen johdon tulee hyväksyä visio ja tukea sen toteutumista.
- Sulkemisen osalta suoritetaan riskinarviointi ja tarkastellaan epävarmuuksia ja täydentävän tiedon tarvetta. Riskinarviointi ja arvio täydentävän tiedon tarpeesta päivitetään sulkemissuunnitelmaa päivitettäessä. Epävarmuuksia pienennetään niiltä osin kuin se on käytännössä mahdollista ja merkittäviä riskejä pyritään pienentämään suunnittelun keinoin.
- Sulkemissuunnitelman tulee vastata lainsäädännön vaatimuksia ja sidosryhmille tehtyjä sitoumuksia.
- Sulkemissuunnittelu on pro-aktiivista ja yhdistyy koko kaivoksen toiminnan suunnitteluun, kaivoksen koko elinkaaren ajan.
- Sulkemisen kriteerit tuodaan myös osaksi kaivoksen taloudellista suunnittelua ja ns. LOM ("life of mine") -suunnitelmaa.

16.11.2020

kaivannaisjätteen jätealueen eri osissa tai kuvataan haitta-aineiden kulkeutumisreittejä jätealueelta ulkopuoliseen ympäristöön. Kun oleelliset mekanismit ja vuorovaikutukset on tunnistettu ja kuvattu, voidaan alkaa kirjaamaan numeerisia arvoja ja edetä siis lupavaiheen sulkemissuunnitelman numeeriseen vaikutusarviointiin.

Sulkemissuunnittelua on toteutettu alustavalla tasolla, yhtiön periaatteiden mukaisesti, integroituna kaivoksen muuhun suunnitteluun. Osakohteiden suunnitteluun on soveltuvilta osin sisällytetty myös niiden sulkeminen käsitteellisellä tasolla. Nämä alustavat sulkemiskäsitteelliset pohjautuvat kokemuseräiseen tietämykseen ja nykyaikaiseen käsitykseen parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta. On siis varmistettu, että kaivokseen suunniteltavat eri toiminnot, kuten rikastushiekka-alue ja maanalainen kaivos, ovat suljettavissa vähintään yhdellä, nykykäsityksen mukaisesti hyväksyttävällä ja taloudellisesti realistisella tavalla.

YVA- vaiheessa kaivoksen hankevaihtoehtojen sulkemista tarkastellaan käsitteellisellä tasolla. Kun sijoituspaikat ja toteutustapa lukitaan luvitusta varten, aloitetaan sulkemisen jälkeisten vaikutusten numeerinen arviointi. Numeerisen vaikutusarvioinnin lähtökohtana on tarkoitus käyttää kaivoksen suunnittelutyön yhteydessä laadittuja sulkemiskonsepteja ns. sulkemisskenaarioina.

Sulkemissuunnittelun tulevissa työvaiheissa hyödynnetään laajasti eri alojen osaamista sekä työmenetelmiä. Tietämystä kohteen erityispiirteistä on kasvatettu ja edelleen kasvatetaan, systemaattisesti, analysoiden puutteita ja pienentäen epävarmuuksia. Seuraavissa työvaiheissa vaihtoehtoja karsiutuu ja edetään tarkempaan riskien käsittelyyn ja vaikutusten numeeriseen arviointiin, mikä puolestaan mahdollistaa myös kaavailtujen sulkemistoimenpiteiden tarkemman arvioinnin ja tarvittaessa parantamisen. Kaikissa tarkentuissa suunnitteluvaiheissa on siis mahdollista, että lisääntyvä tieto voi johtaa myös yksittäisten sulkemistoimenpiteiden muokkaamiseen tai sulkemisskenaarion muokkaamiseen kokonaisuutena. Mikäli ennuste vaikutuksista ei ole hyväksyttävällä tasolla tai jokin merkittävä jäännösriski on liian suuri, sulkemisskenaario tarkistetaan ja päivitetyn skenaarion mukainen vaikutus- ja riskinarviointi käynnistyy uudelleen.

Työ etenee Anglo Americanin periaatteiden ja The Mine Closure Toolbox:n mukaisesti. Erityisiä tehtäviä tulevissa työvaiheissa voivat olla valittavasta hankevaihtoehdosta riippuen:

- Sulkemisvision kuvaaminen valitulle (luvitettavalle) vaihtoehdolle.
- Aikaisempaa tarkempien tavoitteiden asettaminen.
- Mikäli valitaan prosessivaihtoehto 2, (LIMS), tarkennetaan tietoja rikastushiekka-alueen päästöistä. (Ns. *source term*- arvion eli päästöparametriarvion täydentäminen).
- Mikäli rikastushiekan läjitystavaksi valitaan märkäläjitys, tarkennetaan märkäläjityksen päästöparametriarviota.
- Tarvekilouhos: vedellä täyttyneeseen louhokseen tulevien vesien määrät ja laadut kuvataan (ajan funktiona) ja niiden sekoittumista tarkastellaan huomioiden ilmasto-olosuhteet ja mm. aaltojen muodostuminen. Arvioidaan veden kerrostumista ja erityisesti mahdollista veden laatua siinä vedellä täyttyneen louhoksen vesikerroksessa, joka on eniten vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Työssä voidaan käyttää erityisiä louhosjärvien/järvien mallinnustyökaluja tai eri menetelmien yhdistelmiä.
- Vaikutusarvioiden johtaminen kuormitusarvioista: kohteessa haitta-aineiden pääasialliseksi kulkeutumisreitiksi on arvioitu pohjavesi ja siksi ensimmäisen vaiheen vaikutusten tarkasteluun soveltuvat esimerkiksi yksinkertaistetut pisteestä pisteeseen laskennat tai pohjavesi-

16.11.2020

malliin tukeutuvat haitta-aineiden kulkeutumismallit. Tarkkaa lähestymistapaa ei ole vielä valittu. Toisena vaiheena tarkastellaan vaikutuksia myös vastaanottavissa vesistöissä, kun haitta-aineiden kulkeutumisesta vesistöihin on saatu enemmän tietoa.

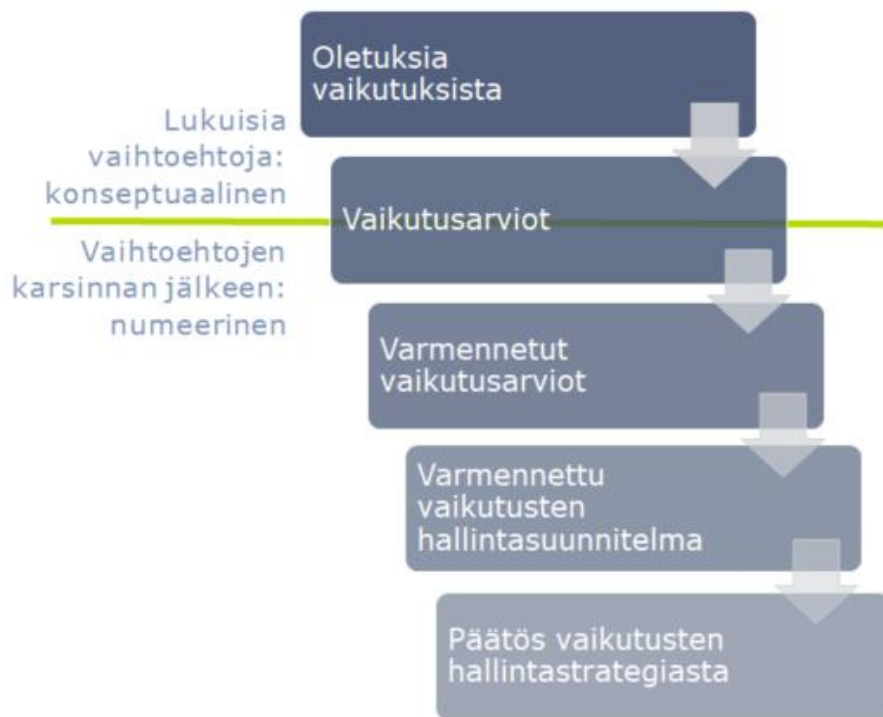
- Mahdollinen sulkemistoimenpiteiden määrittelyn tarkistaminen.
- Kustannuslaskenta.

1.6 Riskinarvioinnin hyödyntäminen sulkemissuunnittelussa

Toistaiseksi sulkemissuunnittelussa on suoritettu riskien tunnistaminen, muttei varsinaista riskien arviointia. Sulkemissuunnittelun tulevissa työvaiheissa sovellettava riskinarviointimenetelmä on Mine Closure Toolbox:n mukainen (Anglo American 2013). Menettelyssä tarkastellaan riskejä käytettäessä kaavailtuja toimenpiteitä riskien pienentämiseksi sekä ilman. Riskejä tarkastellaan yleisen käytännön mukaisesti sekä todennäköisyyden että vaikutusten merkittävyyden kannalta. Tarvittaessa myös jäännösriskeille nimetään toimenpide- tai tarkastelutarpeita. Lisäksi suoritetaan tarkastelu koskien kriittisten toimenpiteiden tehoa.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että eräs tyypillisimmistä menetelmistä sulkemissuunnittelun tukena on vika- ja vaikutusanalyysi FMEA ("failure mode and effect analysis"). FMEA:n tarkoituksena on ennaltaehkäistä sellaisia odottamattomia vaikutuksia, jotka ovat seurausta keskeisistä epävarmuuksista. FMEA:n avulla siis määritetään, mikä voi epäonnistua sulkemissuunnittelussa tai sulkemisen toimeenpanossa ja mitkä ovat epäonnistumisen todennäköisimmät syyt. Menetelmä myös ilmaisee, mihin vakavimmat riskit liittyvät. Vika- ja vaikutusanalyysin avulla tunnistetaan myös puutteet tiedoissa ja keskeiset kehittämiskohteet tai selvitystyöt. Myös Anglo Americanin The Mine Closure Toolbox:ssa esitellään systemaattinen lähestymistapa kriittisten epävarmuuksien pienentämiseksi "Gap reduction spreadsheet". Työkalun avulla sulkemissuunnittelun tarkentuessa edetään alla esitettyä polkua (Kuva 4).

16.11.2020



Kuva 4. Puutteiden ja epävarmuuksien vähentämisen polku sulkemissuunnittelussa (Gap reduction spreadsheet, Anglo American 2013).

1.7 Sulkemissuunnittelun tarkastelujaksot

Sulkemissuunnittelussa, sisältäen riskien ja vaikutusten tarkastelun, on yleensä käytännöllistä soveltaa erillisiä tarkastelujaksoja, joiden olosuhteet poikkeavat selvästi toisistaan. Tässä raportissa sovelletaan seuraavia tarkastelujaksoja:

- Vaihe 0, ”suunnittelu- ja rakentamisvaihe”
 - Keskeiset sulkemiskäytännöt luodaan osana kaivoksen suunnittelua.
- Vaihe 1, ”aktiivinen toimenpidevaihe” alkaa jo kaivoksen toiminnan aikana ja aktiivisen sulkemisen alkamisesta. Vaihe päättyy, kun aktiiviset sulkemistoimet on saatu päätökseen ja maanpäälliset osat ovat jokseenkin lopullisessa tilassaan.
 - Vaihe 1 on ensimmäinen aikajakso, johon kohdistuvia riskejä tarkastellaan sulkemissuunnitelmaa laadittaessa.
- Vaihe 2, ”keskipitkä aikaväli” alkaa vaiheen 1 päättyessä ja päättyy maanalaisen kaivoksen ja tarvekilouhoksen täytyttyä vedellä.
 - Tämä on toinen aikajakso, johon kohdistuvia riskejä tarkastellaan sulkemissuunnitelmaa laadittaessa.
- Vaihe 3, ”pitkä aikaväli” alkaa vaiheen 2 päättyessä ja jatkuu satoja vuosia.
 - Tämä on kolmas aikajakso, johon kohdistuvia riskejä tarkastellaan sulkemissuunnitelmaa laadittaessa.

16.11.2020

2 Suunniteltu kaivostoiminta ja hankevaihtoehdot

2.1 Kaivoksen kuvaus tiivistettynä

AA Sakatti Mining Oy, Anglo American -konserniin kuuluva AA Sakatti Mining Oy (AASM) on vuonna 2011 perustettu suomalainen liiketoimintayksikkö, (suunnittelee Sodankylässä sijaitsevan Sakatin monimetalliesiintymän hyödyntämistä). Sakatin monimetalliesiintymän päämetallit ovat kupari ja nikkeli, minkä lisäksi malmi sisältä platinaa, palladiumia, kobolttia, kultaa ja hopeaa.

Esiintymän nyt tunnetut mineraalivarannot ovat noin 44,4 miljoonaa tonnia. Yhtiön suunnitelmissa on aloittaa malmin louhinta 1,25-1,8 milj. t/v kapasiteetilla, joka tekee kaivoksen elinkaareksi yli 20 vuotta. Louhinta tullaan toteuttamaan maanalaisena kaivoksena. Tarvekiveä tullaan louhimaan avo-louhostoimintana. Louhinnasta syntyvän sivukiven määräksi on arvioitu noin 8,8 Mt, josta noin 3,7 Mt on mahdollisesti hapanta, metallipitoista valumaa tuottavaa. Matalarikkistä rikastushiekkaa arvioidaan muodostuvan 27,5 Mt. Lisäksi korkearikkistä rikastushiekkaa syntyy 3,6 Mt.

Kaivoksen päätuotteina tulevat olemaan kupari- ja nikkelikasteet, joita tuotetaan yhteensä keskimäärin noin 250 000 t/v (150 000–450 000 t/v). Mineraalien rikastus tapahtuu vaahdotusprosessilla kemikaalien avulla. Kaivokselta kuljetetaan rikastetta joko ulkomailla tapahtuvaa jatkojalostusta varten maantie + juna -kuljetuksena Perämeren satamiin tai maanteitse suoraan mahdollisille kotimaassa sijaitseville sulatoille.

Hankealueelle sijoitettavia toimintoja ovat maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti- ja rikastamoalueet, sivukiven, malmin ja pintamaiden sijoitusalueet, sijoitusalueet rikastushiekoille, tiestöt, putkistot, sähkölinjat, vesienhallinta- ja käsittelyrakenteet, pastalaitos (VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b), lämpölaitos, kemikaalien ja räjähdysaineiden varastot, sekä varikot. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b pastalaitos sijaitsee maan alla.

Tavoitteena on aloittaa kaivoksen rakennusvaihe arviolta vuonna 2027 (2027–2032), mitä edeltää suunnittelu ja luvitus. Nykyisellä mineraalivarantoarviolla ja suunnitellulla tuotantokapasiteetilla kaivoksen toiminta jatkuisi noin vuoteen 2050 saakka.

2.2 Hankevaihtoehdot YVA:ssa

YVA-selostuksessa arvioidaan kolmea päävaihtoehtoa VE1, VE2 ja VE3. Erilaisia alaoptioita on määriteltä vinotunnelin toteutustavalle (2 kpl, nimetty a ja b), rikastushiekan läjitystavalle (2kpl: a ja b) ja yhdystien linjalle (2kpl: a ja b). Nämä on esitetty taulukossa 3-3. Eri alaoptioista ja päävaihtoehdoista (3+1 kpl) saatavien kaikkien mahdollisten vaihtoehtojen lukumäärä on 20 kpl ja periaatteessa ne kaikki olisivat toteutettavissa, koska esimerkiksi tunnelivalinta ei rajoita läjitys- eikä tievaihtoehtoja. Kuitenkin, selvyiden vuoksi alavaihtoehtojen määrä on rajoitettu kussakin päävaihtoehdossa kahteen, a ja b -vaihtoehtoon, ja se on toteutettu niin, että kaikissa a-alavaihtoehdoissa on joka alaoptioiden kohdalta lukittu a-optio. Vastaavasti b-alavaihtoehdossa kaikissa alaoptioissa on lukittu b-optio. Niinpä, esimerkiksi VE2b tarkoittaa, että tunneli toteutetaan spiraalivinotunnelina (b), rikastushiekan läjitysmenetelmä on märkäläjitys (b) ja yhdystie & silta on pohjoinen (b). Tällä on pyritty siihen, että tarkasteltavien vaihtoehtojen lukumäärä on rajallinen, mutta kuitenkin vaikutusten tarkastelussa huomioidaan kaikki optiot. Toteutettava vaihtoehto voi lopulta kuitenkin olla näistä eri

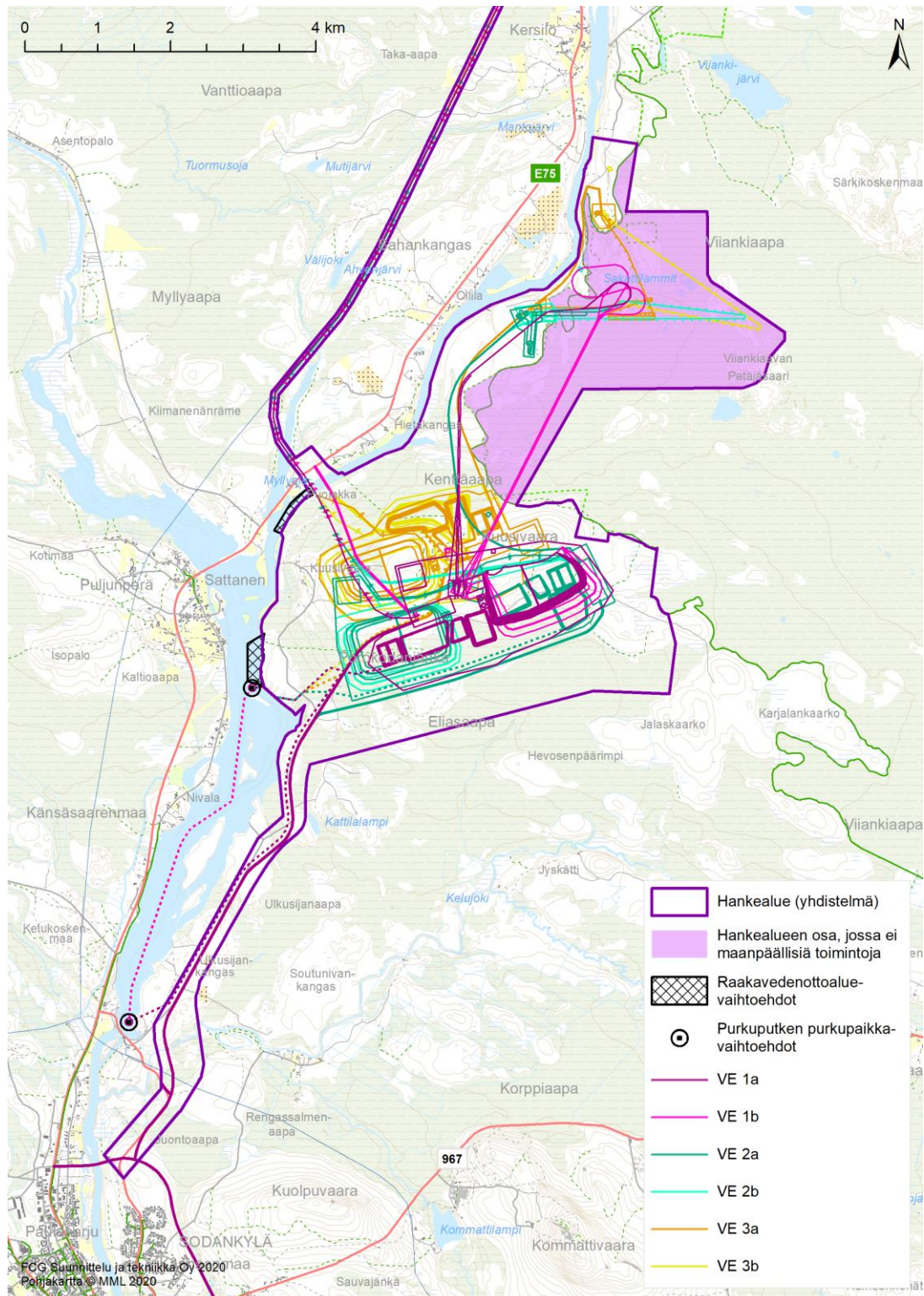
16.11.2020

optioista muodostuva yhdistelmä, joka ei täysin noudata tarkasteltuja alavaihtoehtoja (esim. valitaan mutkavinotunneli (b), kuivaläjitys (a) ja pohjoinen yhdystie (b)).

Niinpä jokaiseen päävaihtoehtoon kuuluu kaksi alavaihtoehtoa a ja b. Hankkeen toteuttamatta jättämisen vaikutukset arvioidaan omana vaihtoehtonaan, vaihtoehto VE0. Näin ollen YVA-selostuksessa arvioitavia vaihtoehtoja muodostuu kaikkiaan seitsemän kappaletta (VE0, VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b). Hankealueet on muodostettu vaihtoehtokohtaisesti siten, että hankealueita on kuusi. Nämä hankealueet on kuvattu kunkin vaihtoehdon yhteydessä luvuissa 3.4–3.9. Hankealue kattaa kaikki kaivoksen maanpäälliset ja maanpinnan alapuolelle sijoittuvat toiminnot pois lukien Kitiseen sijoittuvat vedenottoon ja -purkuun liittyvät rakenteet. Vaikutusarvioinnissa on selkeyden vuoksi esitetty kuitenkin vain yksi hankealueen rajausta, joka kuvaa vaihtoehtojen yhdistelmänä muodostuvaa laajinta hankealuetta.

*Hankevaihtoehtojen kuvauksissa on pyritty keskittymään vaihtoehtojen välisten erojen ja tärkeimpien toimintojen sijoittelun kuvaamiseen. Alla (Taulukko 2-1) on kuvattu päävaihtoehtojen keskeisimmät erot. **Error! Reference source not found.**Kartalla (*

16.11.2020



Kuva 5) on kuvattu kunkin vaihtoehdon toimintojen sijoittuminen hankealueelle. Jokainen vaihtoehdoista on kuvattu tarkemmin luvuissa 3.3.–3.9. Hankkeen teknisessä kuvauksessa (luku 4) on kuvattu tarkemmin eri rakenteita, yksittäisiä kaivosalueen toimintoja ja malmin rikastamiseen liittyviä

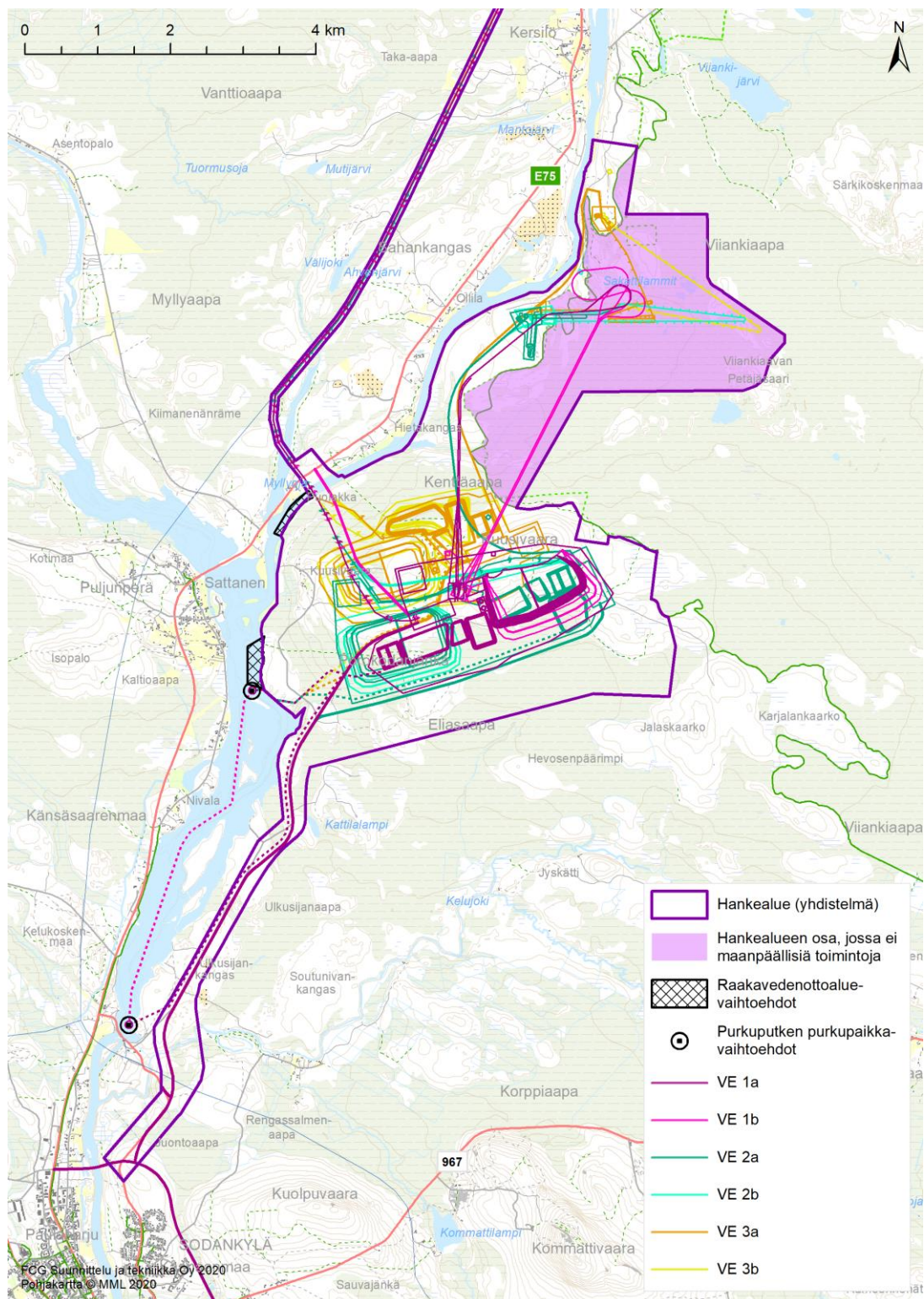
16.11.2020

prosesseja. Malmin louhintamäärä on kaikissa hankevaihtoehtoissa sama, noin 1,25–1,8 Mt/v, ja kaivoksen toiminta-aika on kaikissa vaihtoehtoissa 20 v.

Taulukko 2-1. Hankevaihtoehdot YVA-selostuksessa.

	VE0	VE1	VE2	VE3
Kaivoksen sisäänkäynti	Ei toteuteta	Läntinen Kuusi-vaara	Pahanlaaksonmaa, esiintymän lounaispuolella	Pahanlaaksonmaa, esiintymän pohjoispuolella
Tehdasalue, altaat ja sijoitusalueet	Ei toteuteta	Läntinen Kuusi-vaara	Itäinen Kuusivaara	Pohjoinen Kuusi-vaara
Pastalaitos	Ei toteuteta	Maanalainen	Pahanlaaksonmaa	Pahanlaaksonmaa
Rikastushiekka-alueiden sijainti	Ei toteuteta	Itäinen Kuusivaara	Läntinen Kuusivaara	Läntinen Kuusi-vaara
Malmin maanpäällinen kuljetin	Ei toteuteta	Malmi maan pinnalle Kuusivaarassa, lyhyt hihnakuuljetin	Hihnakuuljetin Pahanlaaksonmaa – Kuusivaara	Hihnakuuljetin Pahanlaaksonmaa – Kuusivaara
Maanalaisen vintunnelein toteutus-tapa	Ei toteuteta	Suoravintunnelein	Alavaihtoehto a: Spiraalivintunnelein (edellyttää nostokuilun ja -tornin) Alavaihtoehto b: Mutkavintunnelein	
Rikastushiekan läjitystapa	Ei toteuteta	Alavaihtoehto a: Rikastushiekka läjitetään kuivaläjityksenä Alavaihtoehto b: Rikastushiekka läjitetään märkäläjityksenä		
Yhdystie ja silta	Ei toteuteta	Alavaihtoehto a: Eteläinen yhdystievaihtoehto: uusi yhdystie välille Kelukoski–Kuusivaara sekä uusi silta vt 5:n uuden linjauksen mukaisesti Alavaihtoehto b: Pohjoinen yhdystievaihtoehto: uusi yhdystie välille vt 4–Kuusivaara sekä uusi silta Kitisen yli Kitisen ja Sattasen yhtymäkohdasta pohjoiseen		

16.11.2020



Kuva 5. Hankealueen rajausta ja YVA-selostuksessa arvioitavat hankevaihtoehdot Sakatin maanpäällisten toimintojen sijoittumiselle, yhdysteille ja kaivostunnelin sijainnille.

16.11.2020

YVA-vaiheen sulkemissuunnitelmassa keskitytään yllä olevista hankevaihtoehtoista päävaihtoehtoihin VE1-VE3 ja alavaihtoehtoista läjitystapavaihtoehtoihin (kuiva- tai märkäläjitys, VE1-3a-b). Lisäksi tarkastellaan vielä sulkemisen kannalta keskeisenä asiana prosessivaihtoehtoja 1 ja 2.

3 Alueen nykytila, tiivistelmä

3.1 Vesistöt ja hydrologia

Tämä kappale on FCG:n laatima yhteenveto.

Suunniteltu kaivosalue sijaitsee Suomen toiseksi suurimmalla vesistöalueella, Kemijoella (65), tarkemmin sanottuna Kitisen keskiosan Kersilön valuma-alueella (65.821). Kemijoen pääuoma saa alkunsa Pelkosenniemeltä, jossa yhdistyvät suuret latvajoet Kitinen, Luiro ja Ylä-Kemijoki. Pääosa kaivoshankkeen välittömän vaikutusalueen läheisyydellä sijaitsevista vesistä on virtavesiä. Järvet ovat pienehköjä ja pinta-alaltaan suurimmillaan muutamia satoja hehtaareja. Suurimmat järvet ovat Viiankaaavan pohjoispuolella sijaitsevat Iso Moskujärvi eli Kotijärvi (234 ha), Pikku Moskujärvi eli Ala-järvi tai Vähä Moskujärvi (88,5 ha), Viianki järvi (45 ha) sekä Kotajärvi (13 ha).

Purkuvesistönä toimiva Kitinen on voimakkaasti säännöstelty Kemijoki Oy:n toimesta. Yläjuoksulta lähtien Kitisessä on seitsemän voimalaitosta: Porttipahta, Kurittukoski, Vajukoski, Matarakoski, Kelukoski, Kurkiaska ja Kokkosniva. Suurin osa Kitisen vedestä tulee Porttipahdan tekoaltaasta, jonka kautta purkautuu myös pääosa Lokan tekoaltaan vesistä. Kitisen virtaamiin vaikuttaa voimakkaasti Lokan ja Porttipahdan tekojärvien säännöstely. Talviaikana tehdyt juoksutukset kohottavat virtaamia luontaisia suuremmiksi talvikuukausien aikana. Toisaalta säännöstelyn vuoksi tulvavirtaamat eivät kohoa poikkeusolosuhteita lukuun ottamatta erityisen korkeiksi. Keskimäärin virtaama Kitisessä on pienimmillään ennen sulavesien aiheuttaman tulvan alkua keväällä ja vastaavasti suurimmillaan toukokuun tulva-aikana.

Kitinen virtaa turvemaiden halki. Kitiseen kohdistuva kuormitus on pääosin luonnonhuuhtoumaa. Vuosina 2006-2012 kerätyn aineiston (Räinä ym. 2015) perusteella Kitisen vesistöalueen fosforikuormitus oli yhteensä 59 t/v ja typpikuormitus 1 227 t/v. Aineistossa esitetyn kuormituksen ja luonnonhuuhtouman arvioinnissa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen kehittämää WSFS-VEMALA –vesistömallijärjestelmää (Watershed Simulation and Forecasting System). Fosforikuormituksesta 85 % ja typpikuormituksesta 86 % muodostui luonnonhuuhtoumasta. Loput kuormituksesta (n. 15 %) muodostui yhdyskunnista, teollisuudesta ja laskeumasta. Teollisuuden osuus fosforikuormituksesta oli alle 2 % ja typpikuormituksesta alle 6 %. Hajakuormituksen ja luonnonhuuhtouman määrät vaihtelevat hydrologisten olosuhteiden mukaan: runsassateisina vuosina ravinteiden huuhtoutuminen oli tarkasteluajanjaksolla noin kaksinkertaista verrattuna vähäsateisempiin vuosiin. Vuositasolla ravinteiden huuhtouma on suurinta sateisina kausina, sekä keväisin lumen sulassa.

Alueen virtavesistöjen ekologinen tila on pääosin luokiteltu ”hyväksi” (<http://www.ymparisto.fi/pintavesientila>) ja Kitiseen länsipuolelta laskevan Ala-Postojoen tila on luokittelun perusteella ”erinomainen”. Voimakkaasti muutettujen vesistöjen osalta pintavesi luokitellaan saavutettavissa olevan ekologisen tilan perusteella. Virtavesien ekologisen tilan arvioinnissa tarkastelun kohteena käytetään ensisijaisesti biologisia laatutekijöitä (piilevät, pohjaeläimet ja kalat). Lisäksi arvioinnissa huomioidaan veden laatutekijät (kokonaisravinteet, pH, näkösyvyys) ja hydromorfologiset tekijät (mm. keskimääräinen talvialenema, muutetun/rakennetun rantaviivan osuus,

16.11.2020

vaellusesteet; Vuori ym. 2009, Aroviita ym. 2012). Alueen pienempien jokien ja järvien osalta luokitelua ei ole tehty.

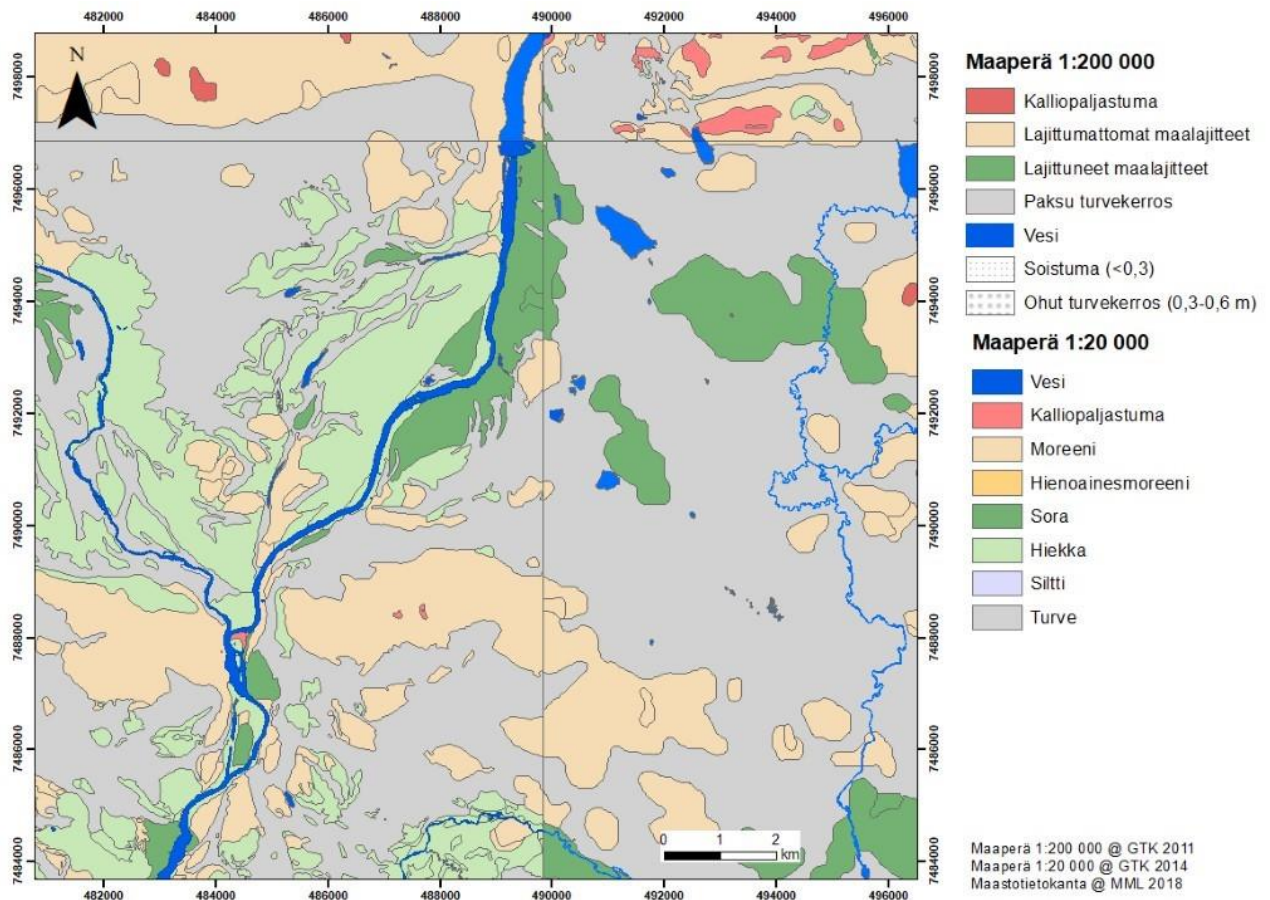
Pintavesien virtaus alueella on pääosin suovesien liikettä, mutta lähempänä vesistöjä virtaus tapahtuu luonnonojissa. Pintavesien virtaus jakaantuu siten, että Viiankiaavan länsiosassa virtaus suuntautuu länteen kohti Kitistä Kuusivaaran pohjoispuolelta. Tälle Sakattiojaan purkautuvalle valuma-alueelle on suunniteltu kaivoksen sisäänkäynti hankevaihtoehtoisissa VE2 ja VE3. Viiankiaavan itäosasta pintavesien virtaus suuntautuu itään kohti Ylijokea. Valuma-alueiden raja sijaitsee Viiankijärven kaakkoiskulman ja Kuusivaaran koilliskulman välisellä linjalla. Kuusivaaran pohjoisrinteiltä virtaus suuntautuu Kenttäaavan kautta kohti Kitistä. Kuusivaaran tällä reunalla on suunniteltu rikastushiekka-alue hankevaihtoehtoisissa VE3. Kuusivaaran eteläpuolella, vaaran itäisessä päässä pintavesien virtaus kohdistuu Hevosennpäärimmen ja Eliasaavan kautta kohti Kelujokea ja suoalueen luoteisosassa Porokodanjängän kautta Kitiseen. Tälle valuma-alueelle on suunniteltu rikastushiekka-alue vaihtoehtoisissa VE1. Kuusivaaran läntiseltä etelälaidalta virtaukset suuntautuvat Porokodanjängän kautta Kitiseen. Tälle valuma-alueelle on suunniteltu rikastushiekka-alue vaihtoehtoisissa VE2. Hankevaihtoehtoisissa VE1 kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee Kuusivaarassa valuma-alueiden rajamaastossa. Rikastushiekka-alueiden lisäksi alueelle ei jää sulkemisen jälkeen muita jätealueita. Pintavesien (ja pinnanläheisten pohjavesien virtausta) alueella kuvataan kappaleessa 6.1.2 kohteen käsitteellistämisen yhteydessä eli vuorovaikutusten kuvaamisen yhteydessä.

3.2 Maa ja kallioperä

Tämä kappale on FCG:n laatima yhteenveto.

Kiteistä kallioperää peittävät maakerrokset, jotka koostuvat kvartäärikauden jäätikkösyntyisistä (moreeni), fluviaalisista eli jokien kerrostaneista lajittuneista kerrostumista (hiekk, sora) ja eolisista eli tuulen kerrostamista maalajeista (hiekk). Alavilla alueilla esiintyy yleisesti turvetta. Ote maape-räkarta esitetään alla (Kuva 6).

16.11.2020



Kuva 6. Sakatin alueen maaperä.

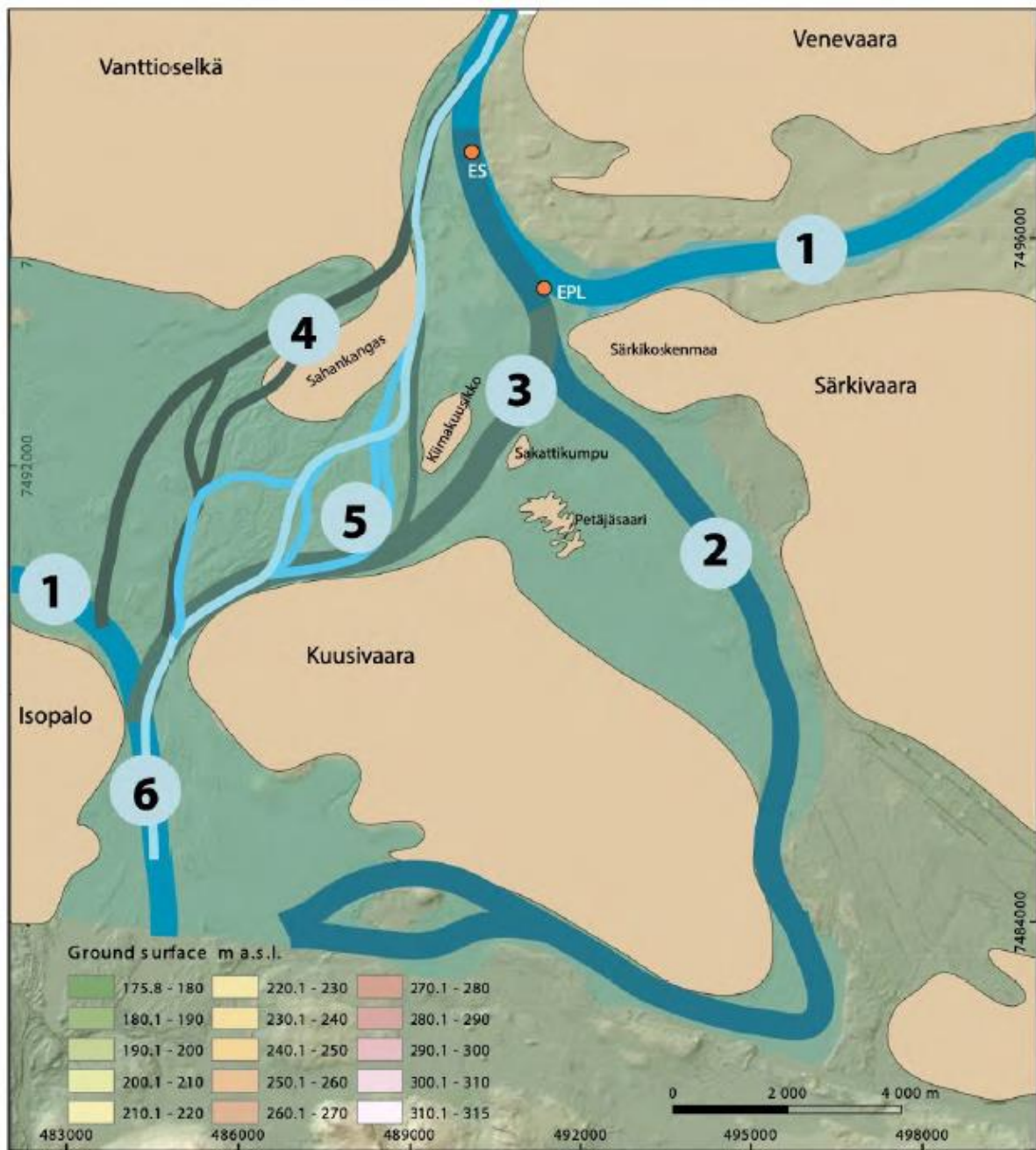
Moreenikerrostuma voidaan yleisesti jakaa kahteen eri kerrokseen, joista alempi on tiivistä suhteellisen silttipitoista ja vähän savea sisältävää. Ylempi kerros on löyhää, hyvin hiekkaista ja vain vähän silttiä ja savea sisältävää. Moreenikerrostuman kokonaispaksuus on keskimäärin 3,8 m (Salonen 2019).

Jokivesien muodostamat maalajikerrokset ovat hyvin lajittuneita ja vain vähän hienoaainesta sisältäviä. Ne esiintyvät sekä moreenikerrostuman päällä että paikoitellen moreenikerrosten välissä.

Kuusivaaran eteläpuolen turvekerrostumat ovat paksuudeltaan keskimäärin 2,3 m, todetun maksimipaksuuden ollessa 5,7 m.

Viiankaaavan kehitys liittyy kiinteästi Moskujärven jääjärveen kerrostuneen hiekkaisen suistomaan tapahtumiin. Ancylusjärven pinnan laskiessa ja vetäytyessä etelään kulkeutui myös Kitisen mukanaan kuljettama sedimenttikuorma edemmäksi ja joki alkoi muokata kuiville nousevia suistokerrostumiaan. Jääkauden jäljiltä järjestäytymättömään ja tuoreeseen maisemaan muodostui lukemattomien sivu-uomien palmikoiva verkosto (Kuva 7), jossa vuodenajoittain vaihtelevat virtaamat uursivat aina uusia kanavia sulamisvesikerrostumien lävitse ja kasasivat uomien reunoille hiekkasärkkiä. Korkean veden aikaan joki levitti laajasti hiekkoja tulvatasanteelleen (Salonen 2020).

16.11.2020



Kuva 7. Kitisen muinaisten uomien verkosto alueella (Salonen 2020). Uoma 1 liittyy Moskujärven varhaisvaiheeseen. Uoma 2 kuvaa tilannetta, jossa muinais-Kitisen uoma kiersi Kuusivaaran ja yhtyi nykyiseen Kelujoen uomaan ennen laskuaan Ancylusjärveen. Uomien 1 ja 2 aikana Moskujärven jääjärvi peitti mm. nykyisen Viiankiaavan aluetta. Uoma 3 sijaitsee Viiankiaavan länsilaidalla turvekerrosten alla ja johtaa edelleen turpeen alaisia matalan pohjavesivyöhykkeen suovesiä. Uoma 4 on soistunut entinen Kitisen reitti, jota joen ollessa luonnontilassa tulvavedet kiersivät vielä 1900-luvulle asti. Myös Uomasto 5:n kynnys on vain muutaman metrin korkeudella Kitisen pinnasta ja se on ollut mahdollisesti toiminnassa ainakin tulva-aikoina suhteellisen myöhään. Uoma 6 on nykyinen säännöstelty joen juoksu.

16.11.2020

Sakatin sulfidimalmiesiintymät kuuluvat Keski-Lapin vihreäkivi-vyöhykkeeseen. Vyöhykkeellä on myös muita merkittäviä mineraaliesiintymiä, mukaan lukien Kittilän kultakaivos, joka sijaitsee Sakasta alle 80 km länteen ja Kevitsan Cu-Ni -kaivos, noin 15 km pohjoiseen.

Muodostumalle on ominaista massiivinen tai puolimassiivinen, suonimainen ja hajotetun tyyppinen sulfidimineralisaatio, jonka isäntäkivenä on oliviiniperidotiitti. Esiintymää ympäröivät pääasiassa prekambriajan metamorfiset ja syväkivet, kuten afaniitti, mafiset vulkaniitit, gablo ja erittäin muutunut, heterogeeninen breksia, joka sijaitsee peridotiitin yläpuolella.

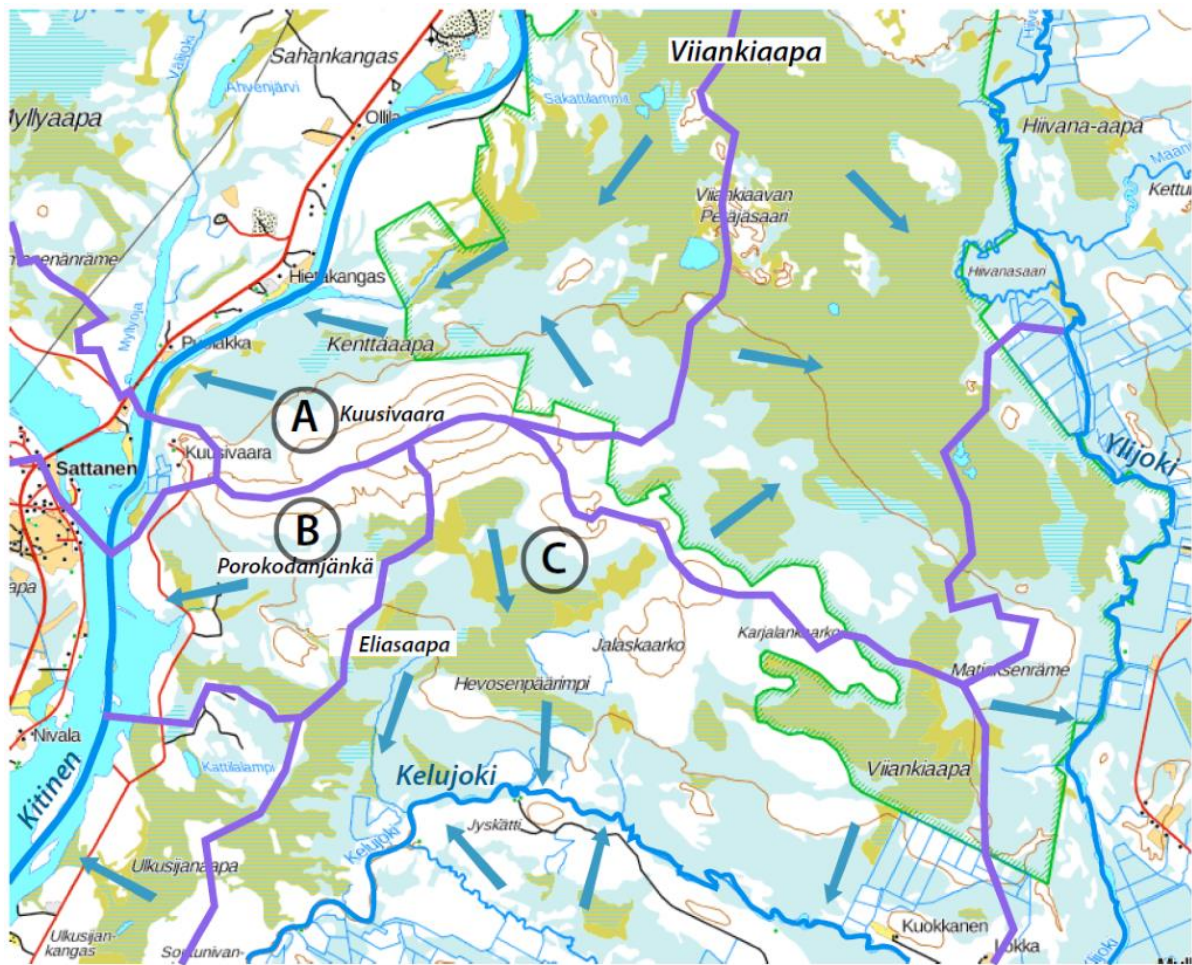
Kallioperän erityispiirre on sen pintaosan rapautunut vyöhyke, ns. rapakallio. Vyöhykkeen paksuus vaihtelee huomattavasti ja se on paksuimmillaan siirrosvyöhykkeiden kohdilla. Pääesiintymän kohdalla rapakallion paksuus on tyypillisesti 18 – 25 m. Paksuimmillaan rapautunutta kalliota voi olla jopa 200 m (SRK 2019a). Kallioperässä on useita geologisia rakenteita, jotka ovat muodostuneet esiintymän syntyhistorian jälkeen. Suurin osa tällaisista siirroksista on pystyasentoisia ja ne läpäisevät esiintymän luode-kaakko -suunnassa. Näiden siirrosten lisäksi alueella on pohjasiirroksi kutsuttu, esiintymän alapuolella sijaitseva, pohjoiseen ja länteen kallistuva työntösiirros. Rakennegeologian kannalta pohjasiirros on merkittävin rakenne alueella. Sen paksuus on ohuimmillaan malmi-esiintymän alapuolella ollen vain muutamia metrejä. Paksuimmillaan siirros on tavattu esiintymän eteläpuolella (80–90 m yksittäisessä tutkimuskohdassa).

3.3 Pohjavesi

Viiankiaavalla on havaittu automaattisen pohjaveden pinnankorkeuden mittauksen avulla, että Viiankiaavan turpeessa pohjaveden luontainen vuotuinen korkeusvaihtelu on suurimmillaan 50 cm luokkaa (Åberg ym. 2019). Sora- ja hiekkaesiintymissä vaihtelu on 50–100 cm ja moreenissa jopa 1,5 metrin suuruista. Pohjaturpeen heikon vedenjohtavuuden vuoksi suon vesi on orsiveden luontoista. Viiankiaavalla korkean veden vaihe liittyy suoraan kevään sulamiskauteen.

Pohjavesien virtaus tapahtuu korkeammasta painekorkeudesta kohti alemmaa painekorkeutta. Viiankiaavalla pohjaveden virtaussuunnat ovat monin paikoin samankaltaisia pintavesien virtauksen kanssa (Åberg, S. et al. 2019), ja sitä säättävät suuressa mittakaavassa vedenjakajien sijoittuminen (Kuva 8). Viiankiaavan suojelualueen vedet jakautuvat neljään osa-alueeseen, joita erottavat vedenjakajat sijoittuvat tasaiselta suolta kohoaville Kuusivaaran, Petäjäsaaren, Sakattikummun ja Särki-
koskenmaan kuivemmille maaston osille.

16.11.2020



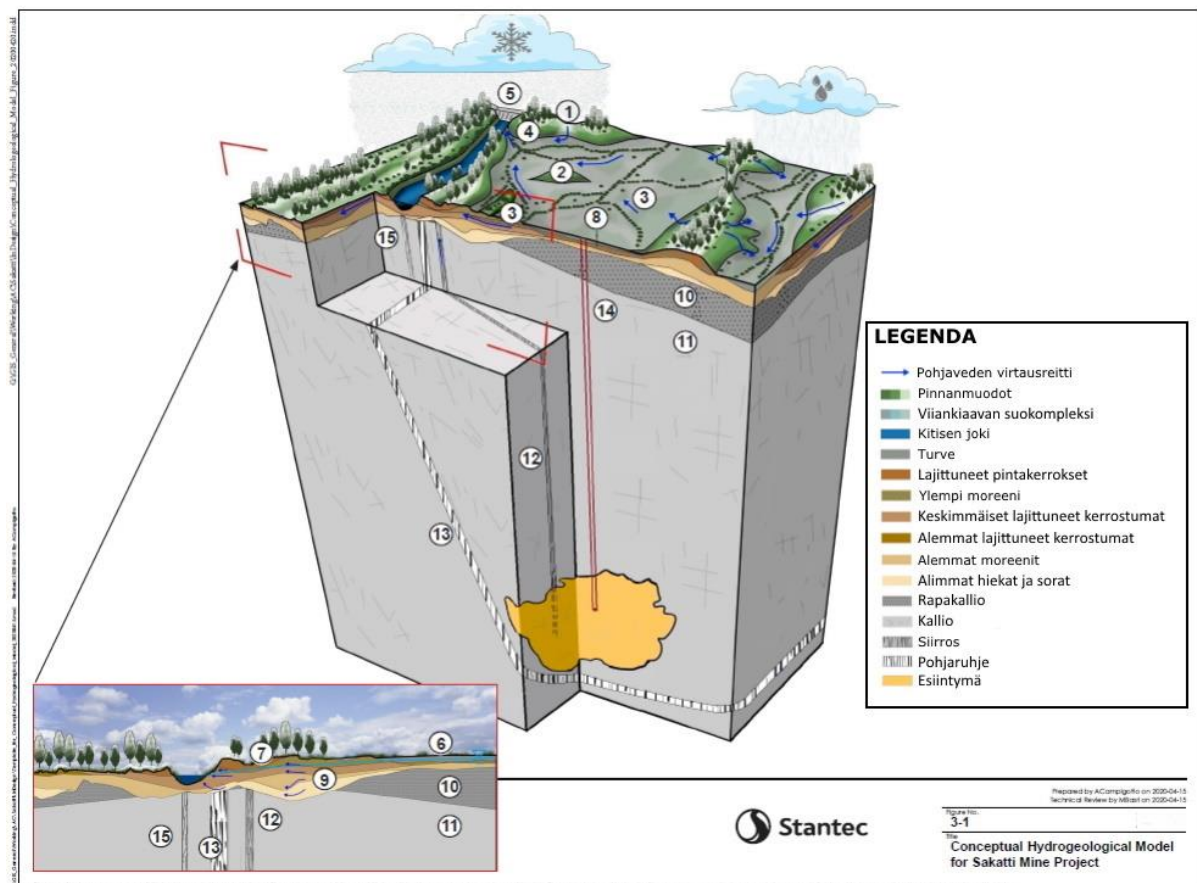
Kuva 8. Valuma-aluejakauma (Value/ Salonen ym. 2018). Kaavaillut toiminnot sijoittuvat valuma-alueille, jotka ovat merkitty kirjaimin A, B ja C.

Pohjaveden purkautuminen on hyvin moni-ilmeistä Viiankaaavan Natura-alueella ja sen ympäristössä. Pohjaveden purkautuminen on osin kausiluonteista liittyen lumien sulamisvesien nostamiin vedenpintoihin alkukesällä (Salonen 2019). Osin pohjavettä purkautuu läpi koko vuoden pysyvistä lähteistä tai hetteiköistä.

Maakerrosten alapuolella oleva kiteinen kallioperä koostuu kahdesta hydrologisesta yksiköstä. Näistä yksiköistä ensimmäinen on paksuimmillaan 200 metrin vahvuinen pintakerros, joka koostuu voimakkaasti rapautuneesta rikkonaisesta kalliosta. Vedenjohtavuus on rapakalliossa selvästi syvempää kallioperää suurempi. Ylimmän 50 metrin syvyysvyöhykkeellä vaihteluväli on $1.0E-5$ m/s - $1.0E-7$ m/s. Alemmassa osassa rikkonaista kalliota vedenjohtavuus on pienimmillään $1.0E-8$ m/s (SRK 2019). Ehyessä kallioperässä vedenjohtavuuden vaihteluväli on $1.0E-5$ m/s - $1.0E-9$ m/s ja keskiarvo noin $1.0E-8$ m/s (SRK 2019). Pystysuuntaisten rakojen vedenjohtokyky on melko alhainen, noin $4.0 E-3$ m²/d, mutta kaavaillun kaivoksen alapuolelle jäävässä pohjasiirroksessa suurempi 14.6 m²/d (SRK 2019). Pitkäkestoisen pumppauskokeen tulosten perusteella arvioituna pohjaruhje on kuitenkin jatkuvuudeltaan rajallinen (SRK 2019). Tehtyjen kokeiden perusteella siirroksissa virtaava pohjavesi on paineellista johtuen kallion pintaosan rapautuneen kerroksen huonommasta vedenjohtavuudesta siirroksiin verrattuna (SRK 2019).

16.11.2020

Suhteellisen tiivis (alempi) moreenikerros erottaa suurimmalla osalla Viiankiaavan aluetta maanpinnan läheisiä kerrostumia ja kallioperän ruhjeista yläosaa. Moreenikerros ei ole kuitenkaan täysin yhtenäinen ja ruhjeinen kallioperä on paikoin kontaktissa glasiofluviaalisten sedimenttien kanssa. Perustilavesilaatujen erilaisuuden perusteella voidaan päätellä, että rapautunut kallio ja alempi ehyt kallio eivät ole erityisen merkittävässä vuorovaikutuksessa keskenään. Vähäinenkin kontakti liittyy huomattavilta osin pystysuuntaisiin rakoihin (SRK 2019). (Stantec 2020). Havaintokuva hydrogeologisesti merkittävistä rakenteista esitetään alla (Kuva 9).



Kuva 9. Kohdealueen konseptuaalinen malli (Stantec 2020). (1) Kevätvalunta, (2) Suomosaiikki, (3) Pintavalunta ja maaperän pohjavesivirtaus, (4) Ihmisen toiminnan vaikutus, (5) Kitisen säännöstely, (6) Turvekerrostuma, (7) Pietso-metriset tasot, (8) Joki- ja jäätikkösyntyiset kerrostumat, (9) Pohjavesivirtaus maaperässä, (10) rapautunut ja rikkonainen pintakallio, (11) Ehyempi peruskallio, (12) pystysuuntaiset siirrokset (13) Pohjaruhje, (14) avoimet kairareitit sekä (15) Kitiseen liittyvät geologiset rakenteet. Esiintymä on esitetty keltaisella.

16.11.2020

3.4 Kasvillisuus ja eläimistö

Tämä kappale on FCG:n laatima yhteenveto.

Viiankiaapa sijoittuu pohjoisborealiselle aapasuovyöhykkeelle ja sen eteläisen osan Perä-Pohjolan aapasoihin. Viiankiaapa on tyyppiesimerkki vyöhykkeellä esiintyvistä aapasuosta, josta löytyy paitsi kaikki tyypin ominaispiirteet, myös spesifisiä ominaispiirteitä ja mahdollisesti uniikkeja kasviyhteisöjä. Viiankiaavan alue on erittäin monimuotoinen suoluontotyyppien muodostama kokonaisuus. Natura-alue luontotyypeineen sijoittuu samalla valuma-alueella sijaitsevalle aapasuoalueelle, jossa erilaiset suotyyppit muodostavat hydrologisesti yhtenäisen kokonaisuuden.

Hankealue koostuu Viiankiaavan Natura-alueen lisäksi Kitisen joenrantavyöhykkeestä, laajoista kangasmaakuvioista sekä kosteikkoalueista. Metsäalueet ovat pääosin kuivahkoa mäntymetsää sekä tuoreempia kuusi-sekapuukankaita. Suojelualueen ulkopuolella sijaitsevat metsät ovat pääosin metsätalouden käytössä. Ranta-alueella esiintyy lehtoja ja lehtomaisia kankaita. Natura-alueen lisäksi hankealueella esiintyy avosoita ja puustoisempia kosteikkoja sekä lettoja ja lähteisiä suoympäristöjä. Osalla kosteikoista on tehty ojituksia niiton yhteydessä.

Hankealueelta tehdyissä luontokartoituksissa on löydetty useita arvokkaita luontotyyppisiä ja luonnon monimuotoisuuden kannalta merkittäviä kohteita, kuten lampia, lähteitä, lehtokuvioita ja reheviä korpia. Hankealueella Viiankiaavan Natura-alueen ulkopuolisia metsälain mukaisia kohteita on kartoituksissa havaittu yhteensä 44 kappaletta.

Hankealueen läheisyydessä tavattuja luontodirektiivin liitteen II eliölajeja ovat eläimistä saukko ja kasveista lapinleikki, lettorikko, isonuijasammal, lapinsirppisammal sekä kiiltosirppisammal. Hyönteisistä ja perhosista alueella esiintyviä lajeja ovat kirjojokikorento ja pohjanharmoyökkönen.

3.5 Elinkeinot ja asutus

3.5.1 Asutus ja työllisyys

Suunniteltu kaivos sijoittuu Lapin maakuntaan, Sodankylän kuntakeskuksesta valtatie 4 pitkin noin 15 km koilliseen. Sodankylässä asuu noin 8 800 asukasta. Sodankylän kunnan asukasmäärä kasvoi 1980- ja 1990-luvuilla aina vuoteen 1995 saakka, minkä jälkeen väkiluku kääntyi selvään laskuun. Vuonna 2010 väestön väheneminen pysähtyi. Kunnan väkiluku kasvoi vuosina 2011–2013 ja kääntyi sitten jälleen laskuun. Nousuvaiheeseen liittyi Kevitsan kaivokseen avaamiseen liittyvä kasvuvaihe (Sodankylän kunta 2018).

Sodankylän kunta on monitaajamainen. Kunnan asukkaista noin 65 % asuu kirkonkylällä tai sen lähi-alueella. Suurimmat kylät ovat Sattanen, Vuotso ja Vaalajärvi (Sodankylän kunta 2018).

Hankealueen läheisyydessä on pääasiassa nauhamaista maaseutuasutusta, joka sijoittuu valtatie 4 varrelle. Asutusta on keskittynyt myös hankealueen läheisyydessä sijoittuville kylämaisille alueille Kersilöön, Sattaseen ja Moskuvaaraan. Väestöruutuaineiston mukaan Kersilössä asukkaita on noin 60, Sattasessa noin 250 ja Moskuvaarassa noin 35. Asutus ja loma-asutus sijoittuvat pääosin hankealueen länsipuolelle (Pöyry 2018).

Väestömäärän laskiessa myös työvoiman määrä on vähentynyt vuosina 1987–2007. Vuodesta 2007 alkaen työvoiman määrä on pysynyt vakaana, ja jopa lisääntynyt viime vuosien aikana. Työllisten määrä on vakiintunut jo 1990-luvun puolivälistä lähtien noin 3 400 henkilöön. Työttömien osuus työvoimasta laski Sodankylässä noin 25 prosentista noin kymmeneen prosenttiin vuosina 2000–

16.11.2020

2012 (Pöyry 2018). Tämän jälkeen työttömien osuus on kohonnut. Työttömien osuuden kehitys on noudattanut vastaavaa trendiä myös Lapin maakunnassa ja koko maassa. Sodankylässä työttömien osuus työvoimasta on alhaisempi kuin keskimäärin Lapissa ja hieman korkeampi kuin koko maassa.

Viimeisimmät tilastotiedot työpaikoista Sodankylän kunnan alueella ovat vuodelta 2015, jolloin työpaikkoja oli 3473 kappaletta. Työpaikat jakautuivat aloittain seuraavasti: alkutuotanto 8,1%, jalostus 22,8% ja palveluala 67,8%. Sodankylässä työpaikkojen määrä on ollut laskeva vuosien 2010–2015 välillä (Sodankylän kunta 2018a). Vuodesta 2007 sekä alkutuotannon että palveluiden osuus Sodankylässä sijaitsevista työpaikoista on vähentynyt. Samaan aikaan teollisuuden osuus on kasvanut. Työpaikkojen määrä on kasvanut erityisesti kaivostoiminnan ja louhinnan toimialoilla (Tilastokeskus 2017). Toimialan voimakas kasvu johtuu pääasiassa Kevitsan kaivoksen käynnistymisestä vuonna 2012. Sodankylässä toimii yhteensä kahdeksan kaivostoiminnan ja louhinnan toimialalle keskittynyttä yritystä.

3.5.2 Poronhoito

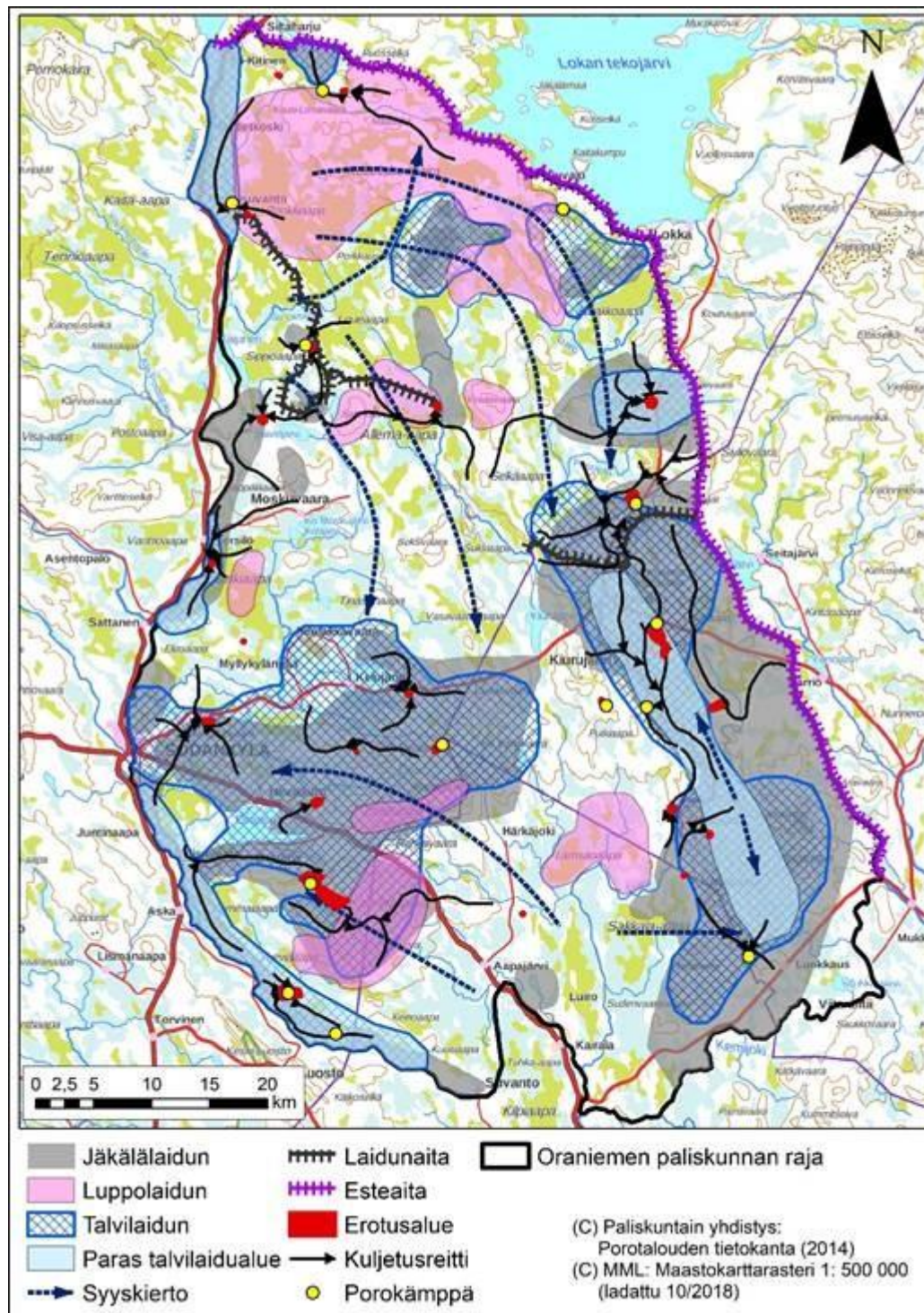
Sodankylän kunnan alueelle kokonaan sijoittuvia paliskuntia ovat Lappi, Sattasniemi ja Syväjärvi. Suurin osa Oraniemen paliskunnasta sekä pienemmät osat Kemins-Sompion ja Pyhä-Kallion paliskunnista sijoittuvat myös Sodankylän kunnan alueelle. Suunniteltu Sakatin kaivos ja sen infrastruktuuri tehdasalueineen sijoittuu Oraniemen paliskunnan alueelle. Kitisen länsipuolella hankkeen silta- ja tieyhteydet ovat Sattasniemen paliskunnan puolella, joten mm. liikenteen muodossa toiminta vaikuttaa myös Sattasniemen paliskuntaan. Alue kuuluu poronhoitolaissa määrättyyn erityisesti poronhoitoa varten tarkoitettuun alueeseen. Alueella olevaa maata ei saa käyttää siten, että siitä aiheutuu huomattavaa haittaa poronhoidolle (PHL 2§).

Oraniemen paliskunnan alue sijoittuu Sodankylän ja Savukosken kuntiin. Paliskunnan kokonaispinta-ala on 4 085 km² ja se rajautuu etelässä Kemijokeen ja Kitiseen, länsireunalta Kitiseen, pohjoisessa Porttipahdan patoon ja Lokan altaan eteläpuolelle ja itäraja kulkee Lokan, Seitajärven, Värriön ja Savukosken kylien kautta.

Oraniemen paliskunnassa poronomistajille poronhoitohistorian ja poronhoitokulttuurin merkitys on suuri. Paliskunnassa on kuusi tokkakuntaa, joihin jakautumista linjaavat toiminta-alueen joet ja kylät sekä Koitelaistunturi. Tokkakuntien välillä ei ole kiinteitä raja-aitoja. Porojen laidunkierto noudattaa pääosin vallitsevaa tokkakuntarakennetta. Laidunkiertoalueet esitetään karttakuvissa (Kuva 10 ja Kuva 11).

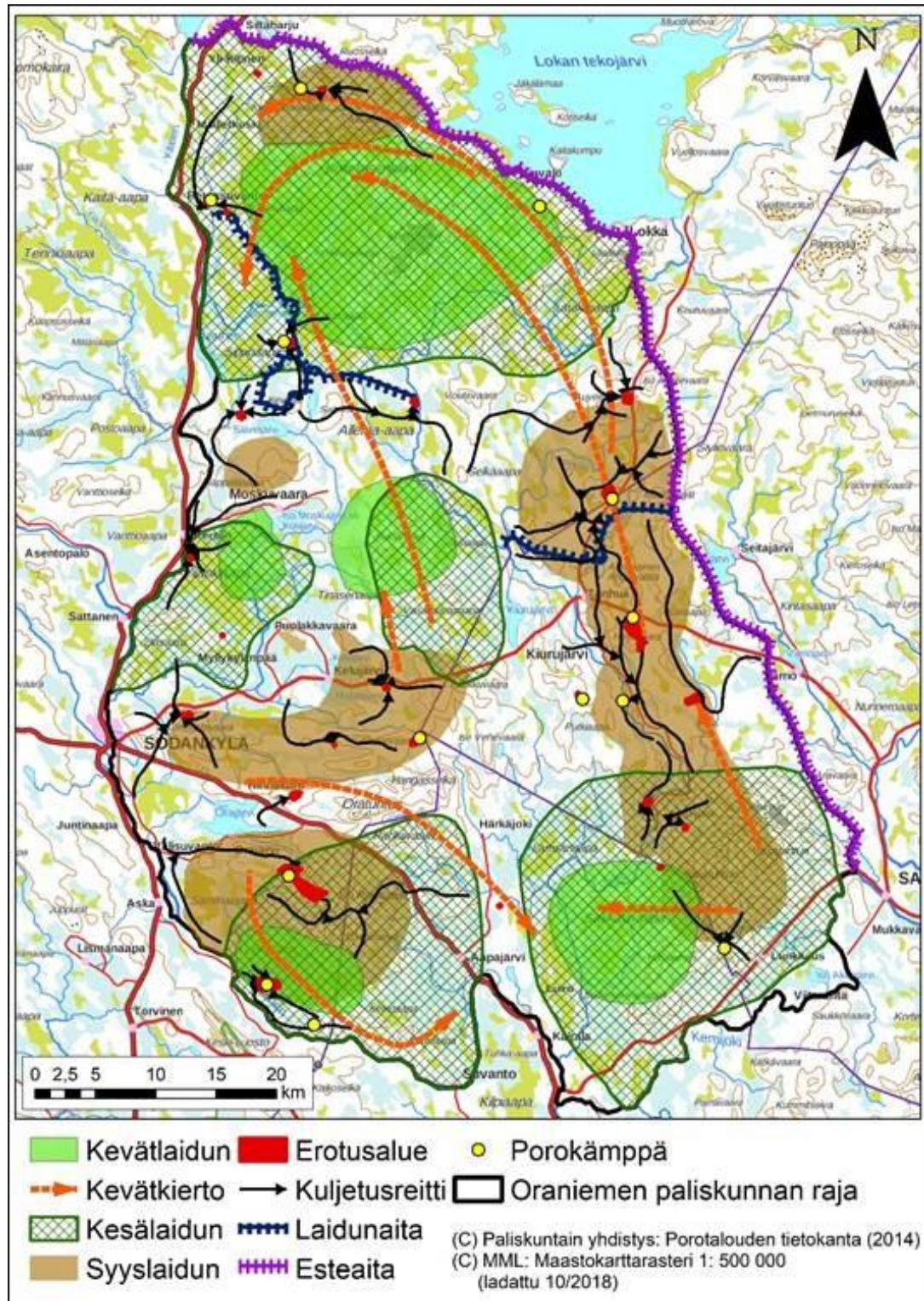
Sattasniemen paliskunta sijoittuu Sodankylän kuntaan. Paliskunnan kokonaispinta-ala on 2413 km² ja se rajautuu pohjoisessa Porttipahdan altaaseen ja itäreunalta Kitiseen. Sattasen paliskunnassa poronhoitohistoria on pitkä ja poronhoitokulttuurin sosiaalinen merkitys on suuri. Laidunkiertoalueet esitetään karttakuvissa (Kuva 12 ja Kuva 13).

16.11.2020



Kuva 10. Oraniemen paliskunnan porolaitumet ja rakenteet talvikaudella (FCG/UEF 2020).

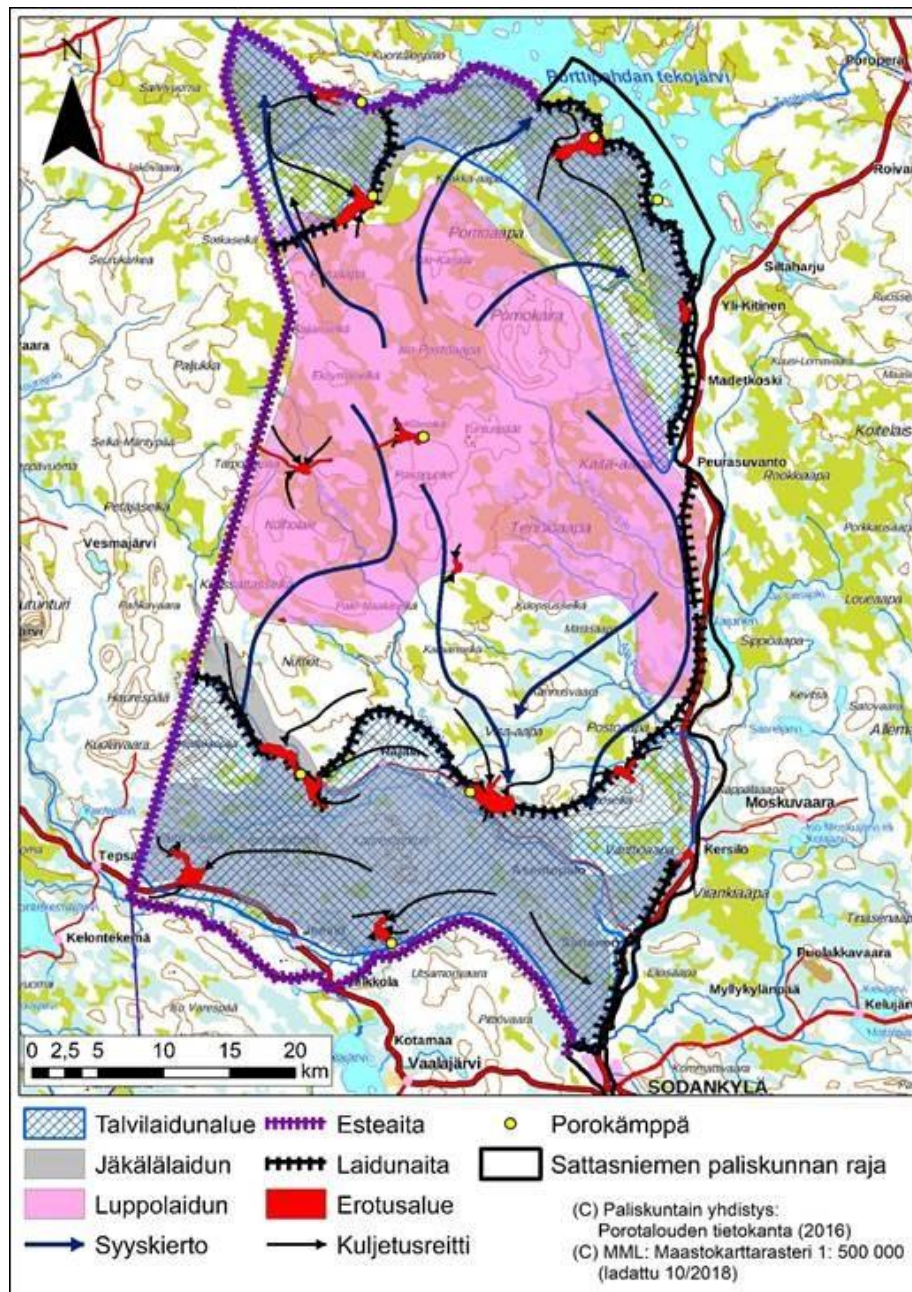
16.11.2020



Kuva 11. Oraniemen paliskunnan kevät-, kesä- ja syyskauden laitumet, sekä kevätkierto ja poronhoidon rakenteet (FCG/UEF 2020).

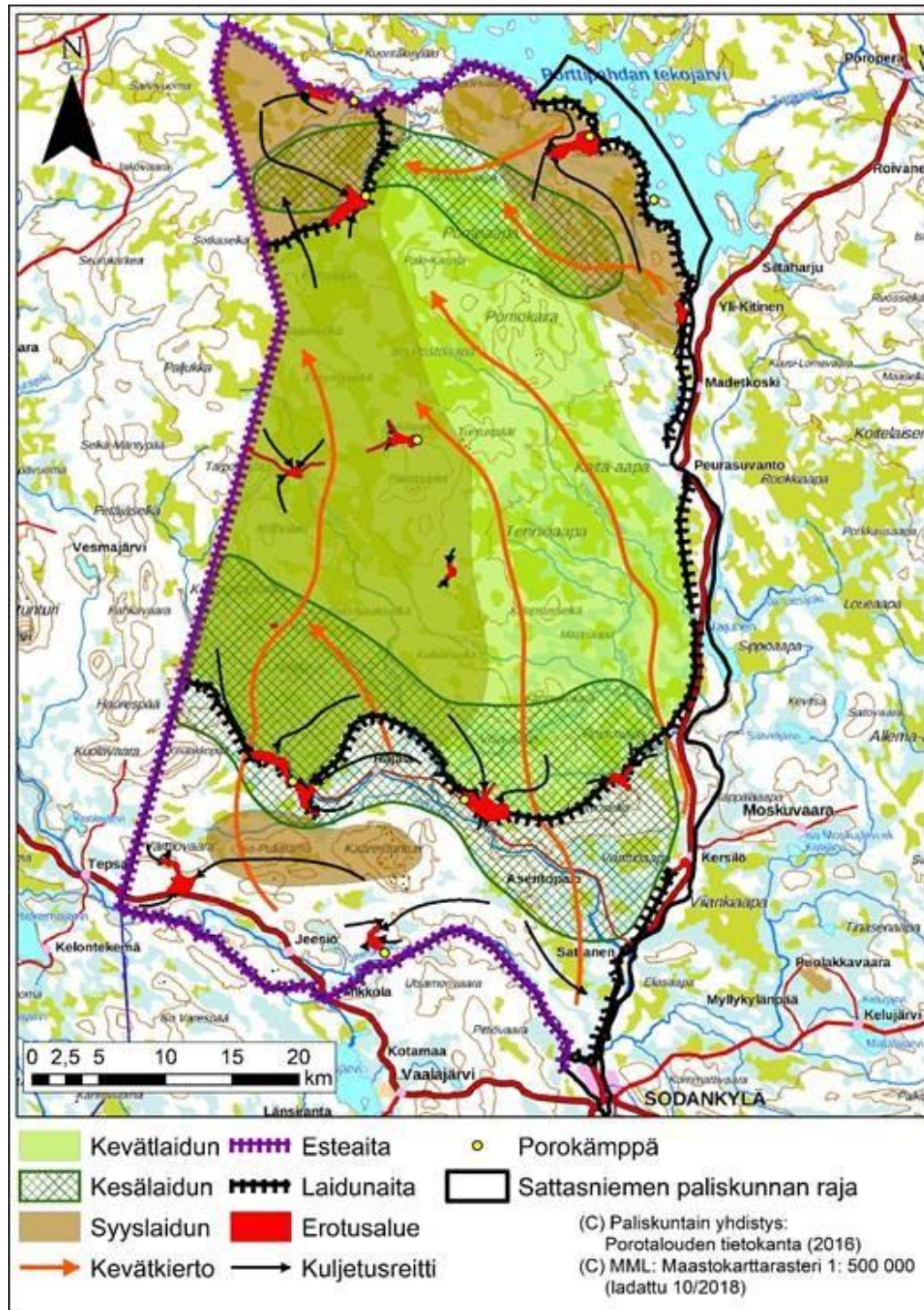
16.11.2020

Suunniteltu Sakatin kaivosalue on kesälaidun ja poronkulkupaikka, kuten Kitisen joenvarsi yleisemminkin. Kesälaitumena Viiankiaavan uskotaan lähtökohtaisesti säilyvän ja toimivan, talviaikana laiduntaminen siellä ei todennäköisesti ole poroille mahdollista ilman merkittävää talviruokintaa. Tällä hetkellä paliskunnassa on tarharuokintaa. Talviruokinta jakautuu pienemmille alueille, kuitenkin osa poroista on irrallaan. Hankealue sijoittuu pääosin yhden yksittäisen poronhoitajan alueille. Viiankiaavalla on yksi tokka ympäri vuoden. (Pöyry 2018)



Kuva 12. Sattasniemen paliskunnan laidunalueet ja poronhoidon rakenteet talvikaudella (FCG/UEF 2020).

16.11.2020



Kuva 13. Sattasniemen paliskunnan kesä-syyskauden laidunalueet ja poronhoidon rakenteet (FCG/UEF 2020).

16.11.2020

3.6 Maisema ja kulttuuriympäristö

Tämä kappale on FCG:n laatima yhteenveto.

Sodankylän ympäristö sijoittuu maisemamaakuntajaossa Peräpohjola-Lapin maisemakuntaan ja edelleen Aapa-Lapin seutuun (Ympäristöministeriö 1992). Maisemamaakuntajakoa on edelleen tarkennettu valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden päivitys- ja täydennysinventoinneissa 2011–2013 (Muhonen & Savolainen 2013), joiden mukaisesti alue kuuluu Aapa-Lapin soihin ja metsäkairoihin. Alueelle tyypillistä maisemaa ovat avoimet aapasuot ja asumattomat metsäkairat. Tasaisen maaston yllä kohoaa yksittäisinä muodostumina tai pieninä ryhminä vaaroja ja yksittäisiä tuntureita.

Hankealueen läheisyydessä ei sijaitse valtakunnallisesti eikä maakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita.

Lähin valtakunnallisesti merkittävä rakennetun kulttuuriympäristön kohde, Puolakkavaaran asutuskylä (RKY 4285), sijaitsee noin 7 km hankealueesta itään, Paarnitsa-aavan turvetuotantoalueen pohjoispuolella. Puolakkavaara on ”myöhäisiä 1960-luvulla perustettuja asutuskylä, jonka rakenne viivasuoran tien varressa sekä tyyppitaloihin perustuva rakennuskanta ovat hyvin säilyneitä”. (Museovirasto 2009)

Kitisen länsirannalla on muutamia kulttuurihistoriallisesti merkittäviä kohteita. Sodankylän pohjoispuolinen rakennuskanta Kitisen varrella on vanhimmillaan peräisin vuodelta 1946, mutta kohteet ovat hajallaan eivätkä muodosta arvokkaita aluekokonaisuuksia. Seudulla on myös valtatie 4 edeltäjänä pidetty historiallinen kulkureitti Ruijanpolku (myös Ruijanreitti, RKY 5235). Ruijanpolun alkupiste oli Sodankylän Rieston kylältä alkanut reitti Kemijoelta aina Jäämerelle saakka. Rieston kylä on jäänyt 1960-luvun lopulla Lokan tekojärven alle, mutta 35 kilometrin osuus reitistä Sodankylän Sompiojärven ja Laanilan välillä on merkitty entiselle paikalleen 2000-luvulla (Metsähallitus, luontoon.fi-palvelu).

Hankealueella ja sen läheisyydessä sijaitsee useita kiinteitä muinaisjäännöksiä, joista osa sijaitsee hankealueen sisällä. Lisäksi hankealueella tai sen läheisyydessä on havaittu muita tunnettuja tai mahdollisia kulttuuriperintökohteita: mm. Viiankiuopajan niittyladon jäännökset, Venekivenrannan venevajan jäännökset ja Pikku Moskujärven ladon jäännös. Museoviraston kartoituksissa havaittiin lisäksi Kuusivaaran itärinteellä erikoinen kivipaasi, joka muistuttaa Lapissa uhripaikkoina käytettyjä seitakiviä. Inventoinnin yhteydessä tehdyissä koepistoissa viitteitä uhraamisesta ei kuitenkaan löydetty.

3.7 Ilmasto ja ilmanlaatu

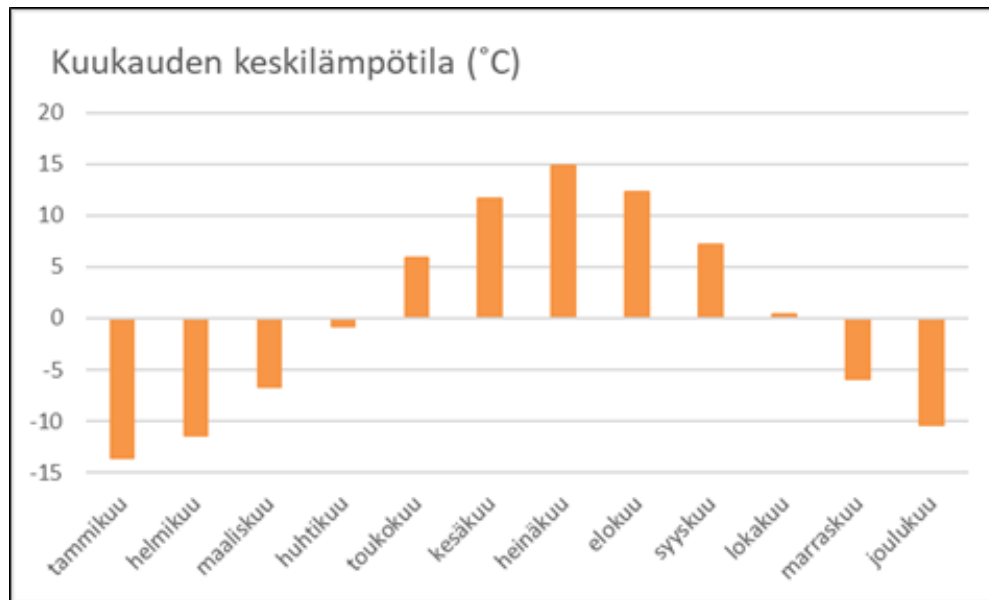
Tämä kappale on FCG:n laatima yhteenveto.

Hankealue sijaitsee ilmastollisesti subarktisella vyöhykkeellä. Ilmasto on mantereinen. Alueella on pitkä, kylmä ja luminen talvi sekä lyhyt ja leuto kesä. Terminen kasvukausi alkaa toukokuussa, kun lumet ovat sulaneet ja päättyy syys-lokakuun aikana (Ilmatieteen laitos, 1961–2001). Lähin Ilmatieteen laitoksen sääasema, Tähtelä (lat 67,37° lon 26,63°, 179 mpy), sijaitsee Sodankylässä hankealueesta noin 16 kilometriä etelään.

Tähtelän havaintoaseman mittausten mukaan vertailujaksolla 1981–2017 alueen vuotuinen keskilämpötila on 0,3 °C. Kylmimmän kuukauden (tammikuu) keskilämpötila on -13,6 °C (Kuva 14). Läm-

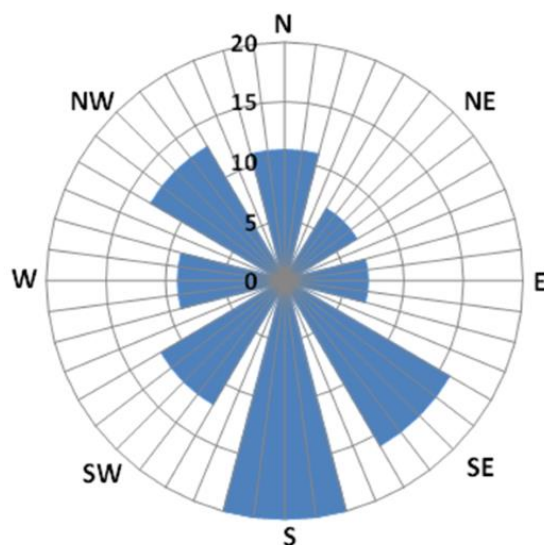
16.11.2020

pimimmän kuukauden (heinäkuu) keskilämpötila on 14,9 °C. Vuotuinen sademäärä alueella on suhteellisen vähäinen, 551 mm. Suurin osa sadannasta tulee maahan lumena. Lumipeitteen syvyys on paksuimmillaan maaliskuussa, jolloin se on keskimäärin n. 75 cm.



Kuva 14. Kuukauden keskilämpötilat tarkastelujaksolla 1981–2017, Sodankylä, Tähdelä (Ilmatieteen laitos).

Vallitseva tuulensuunta alueella on etelä, jonka osuus tuulen suuntajakaumassa on 20 %. Tuulen keskinopeus on 2,7 m/s. Täysin tyyntä alueella on keskimäärin 5 % ajasta. Tuulen suuntajakauma on esitetty tarkemmin alla (Kuva 15).



Tuulen suuntajakauma

Suunta	%	m/s
pohjoinen	11	2,8
koillinen	7	2,7
itä	7	2,6
kaakko	16	2,5
etelä	20	3,1
lounas	12	3,5
länsi	9	3,1
luode	13	2,5
Tyyntä	5	

Kuva 15. Vallitsevat tuulensuunnat ja -nopeudet, Sodankylä, Tähdelä, 1981–2010 (Ilmatieteen laitos).

16.11.2020

Sodankylän ja Lapin ilmanlaatu yleisesti on mittausten perusteella määritetty yleensä tasolle ”hyvä”. Suurin ongelma on alailmakehän otsonin ajoittaiset korkeat pitoisuudet. Lähin kohde, jossa otsonipitoisuuksia mitataan, sijaitsee Sodankylän Tähtelässä. Alailmakehän otsoni on kaukana päästölähteistä sijaitsevien puhtaiden tausta-alueiden ongelma, sillä otsonia kuluu tyypillisesti reaktioissa muiden ilmansaasteiden kanssa. Otsonipitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti vuositasolla sääoloista riippuen.

Sodankylän alueella ei sijaitse ilmanlaatuun merkittävästi vaikuttavia lupavelvollisia teollisuus- tai energiantuotantolaitoksia, joten ilmansaasteet päätyvät alueelle pääasiassa kaukokulkeumana. Vähäisiä paikallisia ilmapäästöjä aiheutuu hankealueelle valtatie 4 liikenteestä. Muita paikallisia ilmapäästöjä aiheuttavia lähteitä ovat hankealueesta noin 15 km pohjoiseen sijaitseva Kevitsan kaivos sekä Sodankylän taajama-alue noin 15 km etäisyydellä etelässä. 10 kilometriä hankealueesta kaakkoon sijaitsee Paarnitsa-aavan turvetuotantoalue.

Hankealueen läheisyydessä on mitattu säännöllisesti pölylaskeuman nykytilannetta vuosien 2016–2018 aikana 20 eri mittauspisteestä. Mittauspisteet ulottuvat noin 20 kilometrin säteelle Viiankiaavalta. Pölylaskeuman mittauksista on analysoitu noin kuukauden välein elokuusta 2016 lähtien. Laskeumasta on määritetty pölyn kiintoainepitoisuus ja haihdutusjäännös sekä hehkutusjäännös kiintoaineesta ja suodoksesta. Tuloksista on laskettu pölyn kiintoainelaskeuma (alle 45 µm hiukkaset), epäorgaaninen laskeuma ja orgaaninen laskeuma. Lisäksi tammikuussa 2017 pölylaskeumasta on analysoitu alkuainepitoisuuksia alumiinin, arseenin, boorin, bariumin, berylliumin, kadmiumin, koboltin, kromin, kuparin, raudan, elohopean, mangaanin, molybdeenin, nikkelin, lyijyn, antimonin, seleenin, tinan, strontiumin, talliumin, uraanin, vanadiinin ja sinkin osalta.

Mittauksissa saadut laskeuma-arvot epäorgaanisen laskeuman osalta olivat yhtä pistettä lukuun ottamatta alle 1 g/m²/kk. Kaikkien mittausten keskiarvo oli noin 0,2 g/m²/kk. Poikkeava piste sijaitsi 5 km Kevitsan kaivoksesta länteen. Kiintoainelaskeumalla ei ole raja- tai ohjearvoja, mutta viihtyvyyshaitan rajana on käytetty arvoa 10 g/m²/kk.

3.8 Maankäyttö ja kaavoitus

Alueella on voimassa Pohjois-Lapin maakuntakaava (Valtioneuvoston vahvistus 27.12.2007, lainvoimaisuus 28.1.2008). Hankealue sijoittuu maakuntakaavassa maa- ja metsätalousvaltaiselle alueelle (M4519) sekä Viiankiaavan suojelualueelle (SL 4313). Maa- ja metsätalousalueen kaavamääräys kuuluu: ”Merkinnällä osoitetaan pääasiassa maa- ja metsätalouskäyttöön tarkoitettuja alueita, joita voidaan käyttää pääasiallista käyttötarkoitusta sanottavasti haittaamatta ja luonnetta muuttamatta myös muihin tarkoituksiin”. Suojelualueen kaavamääräys vastaavasti: ”Merkinnällä osoitetaan luonnonsuojelulain nojalla suojeltuja tai suojeltavaksi tarkoitettuja alueita”.

Hankealue sijoittuu maakuntakaavan todennäköiselle mineraalivarantoalueelle, joka on merkitty ek-1 merkinnällä. Hankealue sijoittuu myös erityisesti poronhoitoa varten tarkoitettulle alueelle. Määräyksen mukaan alueella olevaa valtion maata ei saa käyttää sillä tavoin, että siitä aiheutuu huomattavaa haittaa poronhoidolle. Valtion maan luovuttaminen tai vuokraaminen saa tapahtua vain sillä ehdolla, että maanomistajalla tai vuokramiehellä ei ole oikeutta saada korvausta porojen aiheuttamasta vahingosta (Poronhoitolain 2.2 §:n mukaan).

Pohjois-Lapin maakuntakaavan 2040 on vireillä, samoin Sakatin vaihemaakuntakaava.

16.11.2020

Hankealueen eteläpuoliskolla on voimassa Kelujärvi-Rajala osayleiskaava, joka on hyväksytty Sodankylän kunnanvaltuustossa vuonna 2009. Se kattaa Sattasen kyläalueen ja Kitisen rantavyöhykkeen, Kelujärvi-Puolakkavaara-Siurunmaan, Sattasjoki-Rajalan, Jeesiöjoen ja Ala-Postojoen. Hankealue sijoittuu kaavassa pääosin maa- ja metsätalousvaltaiselle alueelle (M). Viiankiaapan suojelu- ja Natura-alue on merkitty kaavaan. Kaavaan on myös merkitty mm. suojeltujen ja silmälläpidettävien kasvien tai eläinlajien esiintymisalueet ja luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeät alueet. Lähialueen yleiskaavoja ei tarkemmin käsitellä tässä.

4 Kaivannaisjätteet

4.1 Rikastushiekka

Tässä kappaleessa kuvataan rikastushiekan muodostuminen ja karakterisointitiedot vuosilta 2015–2016 sekä 2018. Lisäksi kuvataan prosessivaihtoehdon 2 (LIMS) karakterisointitiedot vuodelta 2020.

4.1.1 Rikastushiekan muodostuminen ja käyttö

Kaivosella muodostuu kahta rikastushiekkajäätettä, matalarikkinen ja korkearikkinen. Matalarikkinen rikastushiekka sijoitetaan maan pinnalle kuivaläjäytyksenä (VE1a-3a) tai märkäläjäytyksenä (VE1b-3b). Korkearikkinen rikastushiekka sijoitetaan märkäläjäytyksenä maan pinnalla väliaikaisesti, mutta tullessaan kokonaisuudessaan käyttämään pastattuna louhostäyttöihin. Louhostäyttöihin käytettävä pasta sisältää seoksena sekä matalarikkistä että korkearikistä rikastushiekkaa. Sulkemisen jälkeen ainoastaan matalarikkistä rikastushiekkaa on maanpinnan yläpuolella.

- Rikastushiekan hallinnan suunnittelukriteereinä on käytetty seuraavia määrätietoja (SRK 2018a):
- Matalarikkinen rikastushiekan määrä (LoM) 27,5 Mt
- Korkearikkinen rikastushiekan määrä 3,6 Mt
- Louhostäyttöihin käytettävä maksimiosuus rikastushiekasta 50 %
- Maanpäällisen rikastushiekka-alueen tilavuus (kuivaläjäytyksenä, VE1a-3a) 9,0 Mm³

4.1.2 Alustavat tutkimukset 2015 ja 2016

Rikastushiekan geokemiallisia ominaisuuksia on tutkittu ensimmäisen kerran hankkeen varhaisimmassa teknis-taloduellisessa tarkasteluvaiheessa, erillistutkimuksissa (SRK 2015 ja 2016). Lokakuussa 2015 tutkittiin kolme eri kokoomänäytettä: massiivinen, korkearikkinen ja matalarikkinen. Näytteet olivat osa hyödyntämistutkimusta, mutta myöhemmin todettiin, etteivät ne edusta rikastushiekan lopullista koostumusta. Tämän seurauksena tutkittiin myös uutta, korkearikistä massiivikomposiittinäytettä, jonka arvioitiin edustavan erittäin konservatiivista arvioita rikastushiekan ominaisuuksista. Scoping-vaiheessa (ensimmäinen kannattavuustarkasteluvaihe) tutkitut näytteet luokiteltiin happoa tuottamattomiksi ABA- ja NAG-testien tulosten perusteella. Hapontuottokyvyn ja neutralointikapasiteetin perusteella näytteet luokiteltiin edelleen happoa tuottamattomiksi, koska S <1 % ja NPR >3 (Valtioneuvoston asetus 190/2013). Näytteitä ei voida luokitella pysyväksi jätteeksi

16.11.2020

kynnysarvon ylittävien Co, Cr, Cu ja Ni pitoisuuksien vuoksi. Kosteuskammiokokeen (kesto 20 vk) aikana uuttoliuoksen pH oli lähes neutraali tai emäksinen, 7,0–8,5, eikä sulfidien aktiivisesta hapettumisesta ollut merkkejä. Neutralointikapasiteetissa ei ollut havaittavissa sulfidien hapettumisesta aiheutuvaa kulumista, vaan kapasiteetti oli 97 % alkuperäisestä 20 viikon kosteuskammiokokeen jälkeen.

4.1.3 Vuoden 2018 tutkimus

Kappaleissa 4.1.4- 4.1.11 esitetään rikastushiekan laatu vuoden 2018 tutkimusten perusteella ja rikastushiekat edustavat prosessivaihtoehtoa 1, kuten myös aikaisemmat alustavat tutkimukset.

Uuteen geokemialliseen testaukseen oli saatavilla vain rajoitettu määrää rikastushiekkoja (4 erilaista) osana metallurgista testausta. Metallurgisessa kokeessa käytetyt malmin sekoitussuhteet eivät vastaa täysin viimeisemmän prosessisuunnitelman sekoitussuhteita. Geokemialliseen testaukseen toimitettiin 0,5 kg korkearikkistä kuivaa rikastushiekkaa ja 2,0 kg matalarikkistä rikastushiekkaa sekä kolme sementoitua pastatäyttöön tarkoitettua sylinterimäistä monoliittia, joita oli kovetettu 28 vuorokautta. Näytteistä määritettiin seuraavat ominaisuudet:

Staattiset:

- happo-emäs -laskenta (ABA-testi)
- vetyperoksidihapetus (NAG-testi) ja loppuliuoksen analyysi
- moniparametrianalyysi, neljän hapon hajotus (Huom. Vna 214/2007 kuningasvesihajotus)
- Tislattu vesi -uutto, L:S 10:1
- matalarikkisen rikastushiekan dekanttivesi

Mineralogia:

- XRD
- Asbestianalyysi

Kineettiset:

- kosteuskammiokoe
- monoliittinen uuttokoe (peräkkäisuutot tisl. H₂O, uutto aika 6 h, 1, 2.25, 4, 9, 16, 36 ja 64 d, L/V 5)

16.11.2020

4.1.4 Mineralogia

Rikastushiekkojen mineralogiset tulokset esitetään alla (Taulukko 4-1).

Taulukko 4-1. Rikastushiekkänäytteiden mineralogia (SRK 2018b)

Mineraali	Osuus (%)	
	Matalarikkinen RH	Korkearikkinen RH
Pyrrotiitti	0	63
Klinokrysotiili	35	8
Magnetiitti / magnesioferriitti	28	29
Forsteriitti	11	0
Klinokloori	10	0
Illiitti	9	0
Magnesioriebeckiitti	7	0

Mineralogisen karakterisoinnin yhteydessä (SRK 2018b) rikastushiekoissa ei havaittu asbestikuituja, mutta malmin asbestitutkimuksessa (Kratsov 2017) malmissa havaittiin hyvin pieniä määriä asbestikuituja. Vastaavia havaintoja tehtiin murskauskokeen työhygienisessä tutkimuksessa (Työterveyslaitos 2018). Näin ollen asbestikuituja oletetaan päätyvän pieniä määriä myös rikastushiekkaan.

4.1.5 ABA-testi

ABA-testin tulokset on esitetty taulukossa (Taulukko 4-2). Tulosten perusteella matalarikkinen rikastushiekka voidaan luokitella ei-happoatuottavaksi, kun taas korkearikkinen rikastushiekka on mahdollisesti happoa tuottavaa. Laskennallisen ja titratun neutralointikapasiteetin ero viittaa siihen, että osa neutralointikapasiteetista on peräisin silikaattimineraaleista, joiden rapautuminen, ja siten myös neutraloiva kyky, on hitaampaa kuin karbonaattimineraalien. Eri tavoilla määritettyjen neutralointikapasiteettien suhde (NP TIC/NP(titr.)) on n. 0,5 matalarikkisellä ja n. 0,07 korkearikkisellä.

16.11.2020

Taulukko 4-2. Matala- ja korkearikkisen rikastushiekan hapontuotto- ja neutralointikyky (ABA-testi)

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen RH	Korkearikkinen RH
S _{tot}	%	0,32	32,1
Sulfidinen S	%	0,22	30,4
C _{tot}	%	0,4	<0,01
Org. C	%	0,11	0,02
Epäorg. C	%	0,29	<0,01
AP	kg CaCO ₃ /t	6,9	950
titrattu NP	kg CaCO ₃ /t	46	12
NP lask. TIC	kg CaCO ₃ /t	24,2	0,83
NPR	-	6,65	0,01
Hapontuottopotentialiaali	-	ei-hapbootuottava, NAF	mahdollisesti hapbootuottava, PAF
Luokittelu VnA 190/2013 mukaan hapontuotto-ominaisuuksien osalta*	-	hapontuotto-ominaisuuksien osalta pysyvä*	hapontuotto-ominaisuuksien osalta ei-pysyvä*

*) Luokittelu VnA 190/2013 mukaan kokonaisuutena edellyttää myös metallien kokonaispitoisuuksien esiintymistä tietyissä rajoissa. Tämä luokitteluperuste ei siis yksinään riitä luokitteluun pysyväksi.

4.1.6 NAG-testi

Matalarikkisen rikastushiekan vetyperoksidihapetuksen loppuliuksen pH oli selvästi emäksinen ja korkearikkisen selvästi hapan, mikä korreloi hyvin ABA-testi tulosten kanssa (Taulukko 4-3).

Taulukko 4-3. Rikastushiekanäytteiden NAG-testin tulokset (SRK 2018b).

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen RH	Korkearikkinen RH
NAG pH		10,1	2,2
NAG pH 4.5	kg H ₂ SO ₄ eq/t	<0,01	119
NAG pH 7.0	kg H ₂ SO ₄ eq/t	<0,01	222
Total	kg H ₂ SO ₄ eq/t	<0,02	341
Luokittelu		ei-hapbootuottava, NAF	mahdollisesti hapbootuottava, PAF

16.11.2020

4.1.7 Kokonaispitoisuudet

Rikastushiekkänäytteiden metalli- ja metalloidipitoisuudet on esitetty taulukossa (Taulukko 4-4). Pitoisuuksia verrataan ns. PIMA-asetuksen (Vna 214/2007) pitoisuuksiin. Kaivannaisjäteasetuksen (Vna 190/2013) mukaan luokittelussa pysyväksi jätteeksi pitoisuuksia verrataan PIMA-asetuksen kynnysarvoihin tai alueellisiin taustapitoisuuksiin. PIMA-asetuksen muita arvoja kuin kynnysarvoja käytetään tässä vain viitteellisinä suuruusluokan kuvaajina. Lopullisessa luokittelussa (Vna 190/2013) käytetään perusteena sekä kokonaispitoisuuksia että hapontuotto- ja neutralointikykyä.

Molemmissa rikastushiekoissa kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät nk. PIMA-asetuksen (Vna 214/2007) ylemmän ohjearvon. Koboltin pitoisuus oli kynnysarvoa suurempi matalarikkisessä rikastushiekassa ja alemmaa ohjearvoa suurempi korkearikkisessä. Vanadiinin pitoisuus ylitti kynnysarvon hivenen matalarikkisessä rikastushiekassa. On huomattava, että kokonaispitoisuuksien analysoinnissa käytettiin neljän hapon hajotusmenetelmää, ja viitearvot ovat kuningasvesihajotukseen pohjautuvia. Tuloksena saadut pitoisuudet ovat todennäköisesti suurempia kuin vastaavat kuningasvesihajotuksella saatavat, mutta varsinkaan kromin, kuparin ja nikkelin kohdalla hajotusmenetelmällä ei tässä tapauksessa liene suurta vaikutusta suurten pitoisuuksien vuoksi.

Taulukko 4-4. Metall- ja metalloidipitoisuudet (4 hapon hajotus) molemmissa rikastushiekoissa sekä vertailu PIMA-asetuksen (Vna 214/2007) ohjearvoihin.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Maanäytteet	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Matalarikkinen RH	1,3	0,2	57,7	3780	559	0,01	1500	18,3	0,37	108	64
Korkearikkinen RH	3,1	0,19	126	1840	986	0,01	5500	13,8	0,21	67	20

4.1.8 Kontaktiliukoisuustesti

Rikastushiekkojen 2-vaiheisen uutteen loppu-pH ja metallipitoisuudet taulukossa (Taulukko 4-5) on esitetty. Korkearikkisen rikastushiekan uutteen pH oli hapan, mutta metallipitoisuuksissa ei ollut eroja rikastushiekkalajien välillä. Kaikki mitatut metallipitoisuudet olivat alhaisia, mutta kadmiumin määrittämisraja oli korkeampi kuin kadmiumille annettu suurin sisämaanvesien ympäristölaatuunormi 0,25 µg/l (Vna 1022/2006). Kontaktiliukoisuustestin avulla ei voi kuvata kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttämistä tai määrittellä jätteen luokittelua. Tulokset kuvaavat vain tuoretta kaivannaisjätettä ja sen käyttämistä välittömässä vesikontaktissa. On myös huomioitava, että testin kiintoaine-vesikontaktisuhde ei vastaa luonnonolosuhteita eli tulos ei kuvaa suotoveden laatua.

16.11.2020

Taulukko 4-5. Molempien rikastushiekkojen 2-vaiheisen uutteen uutteen metallipitoisuudet (SRK 2018b).

		Matalarikkinen RH	Korkearikkinen RH
pH		7,81	4,81
As	mg/l	<0,001	<0,001
Ba	mg/l	0,071	0,076
Cd	mg/l	<0,0005	<0,0005
Cr	mg/l	0,007	0,007
Cu	mg/l	<0,001	<0,001
Hg	mg/l	<0,00001	<0,00001
Mo	mg/l	0,001	0,001
Ni	mg/l	0,004	0,004
Pb	mg/l	<0,001	<0,001
Sb	mg/l	<0,001	<0,001
Se	mg/l	0,001	0,001
Zn	mg/l	0,006	0,006
V	mg/l	<0,005	<0,005

4.1.9 NAG-testin loppuliuos

NAG-testin loppuliouksesta mitatut metallipitoisuudet on esitetty taulukossa (Taulukko 4-6). Korkearikkinen rikastushiekan loppuliouksen pH oli huomattavan hapan, mikä heijastuu myös mitattuihin metallipitoisuuksiin. Korkearikkinen rikastushiekan loppuliouksen Cd-, Cu-, Ni- ja Pb-pitoisuudet olivat erittäin korkeita. Matalarikkinessä rikastushiekassa ainoastaan kromipitoisuus oli korkea, 0,123 mg/l.

Taulukko 4-6. Rikastushiekanäytteiden NAG-testin loppuliouksen pH ja metallipitoisuudet (SRK 2018b).

Tunnus	Metallit										
	pH	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Matalarikkinen RH	8,77	0,001	<0,00001	<0,0001	0,123	0,004	0,002	0,0002	0,001	0,002	<0,003
Korkearikkinen RH	1,91	<0,001	0,002	0,776	0,024	5,53	34,8	0,072	<0,001	0,005	0,136

NAG-testin loppuliousta käytetään hapettuvissa olevien aineiden määrän arvioinnissa. NAG-testissä näyte hapetetaan voimakkaasti, jolloin sulfideihin sitoutunut osa metalleista ja puolimetalleista pääsääntöisesti vapautuu. On huomioitava, että yllä (Taulukko 4-6) tulokset esitetään milligrammoina testiliouksessa, ei mg/kg kaivannaisjätettä, joten tulokset ei ole ilman muunnosta suhteutettavissa rikastushiekkojen kokonaispitoisuuksiin.

16.11.2020

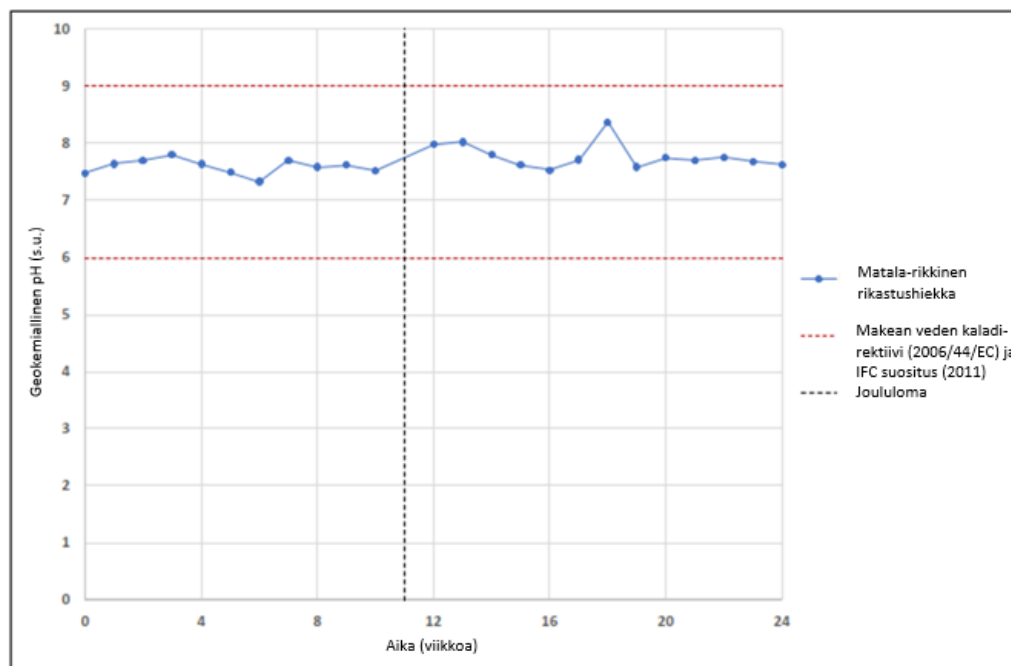
NAG-liuoksen tulkinta on aina tehtävä varovaisuutta noudattaen, sillä tietyissä olosuhteissa (esimerkiksi testiliuosten pH-ääripäissä) voi tapahtua sellaista saostumista, jota luonnonolosuhteissa ei ilmenisi. On myös huomioitava tulkinnan suhteutuksessa, että NAG-testissä yhdellä kertaa hajoavat mineraalit hajoavat luonnon tai läjityksen olosuhteissa vähitellen kymmenien, ellei satojen vuosien kuluessa.

4.1.10 Kineettiset testit

Matalarikkisen rikastushiekan pitkäaikaiskäyttäytymistä arvioitiin 24 viikkoa kestäneellä kosteuskammiokokeella. Maanalaisten louhostilojen pastatäytön pitkäaikaiskäyttäytymisen tutkimiseksi tehtiin molemmista rikastushiekoista ja sideaineista monoliitti. Monoliitille tehtiin uuttokoe, jossa lopullinen uuttosuhte (l/s) oli 5.

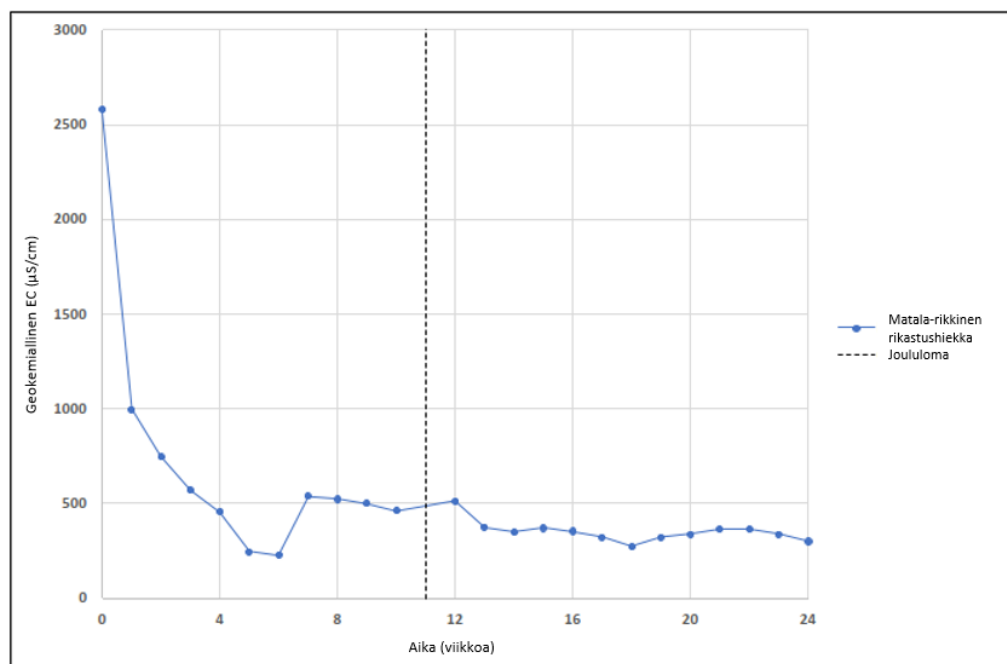
Kosteuskammiokokeen alussa näytteestä huuhtoutuu huokosvedessä ja valmiiksi liukoissa muodossa olevia aineita tai hiekan pinnalle löyhästi sitoutuneita aineita. Kokeen edetessä voidaan näytteestä huuhtoutuvassa vedessä todeta myös hiekan hapettumisessa vapautuvia ja edelleen reaktiotuotteina muodostuvia aineita. Kosteuskammiokokeen vesi-kiintoainesuhte ja kokeen olosuhteet eivät vastaa todellisen läjityksen olosuhteita, veden laatu muodostetaankin laboratoriotuloksista laskennan ja mallinnuksen keinoin (kappale 5).

Kosteuskammiokokeessa matalarikkisen rikastushiekan suotoveden pH pysytteli lähes neutraalina – lievästi emäksisenä, pH vaihteli välillä 7,3–8,4 (Kuva 16). Ensimmäisen viikon huuhtouman sähkönjohtavuus oli 260 mS/m ja sen jälkeen sähkönjohtavuus oli kaikilla mittauskerroilla alle 50 mS/m. (Kuva 17). Nikkeliä vapautui ensimmäisten viikkojen aikana enemmän, mutta vapautumisnopeus taantui myöhemmin ja konsentraatioksi vesifaasissa muutettuna oli alle 0,01 mg/l (Kuva 18). Myös sulfaatinmuodostumisnopeus pysyi vakaana (Kuva 19).

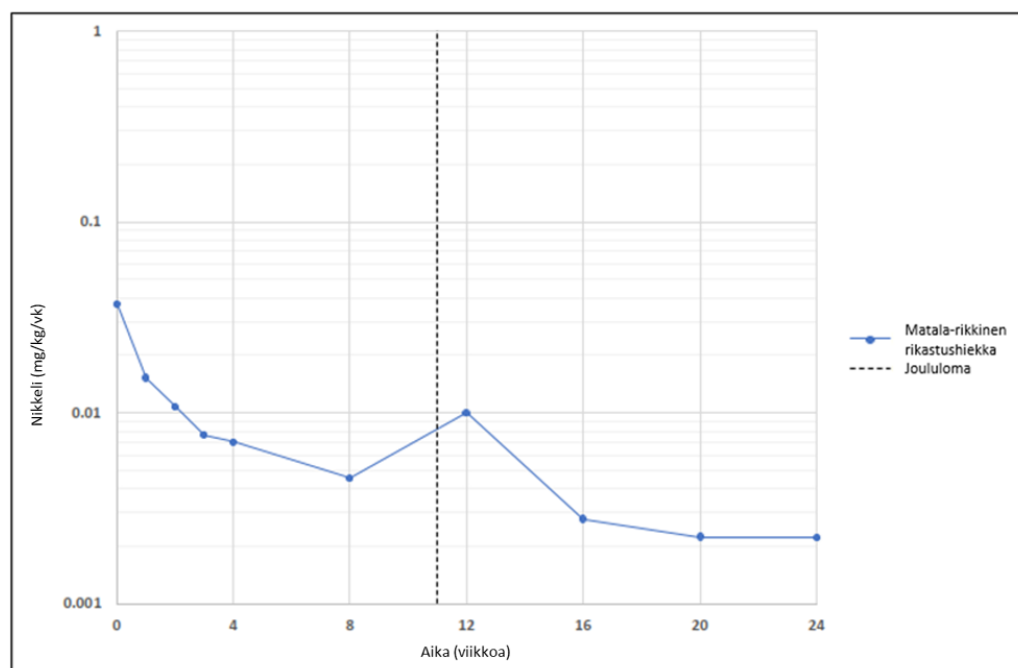


Kuva 16. Matalarikkisen rikastushiekan pH kosteuskammiokokeen aikana (SRK 2018 b).

16.11.2020

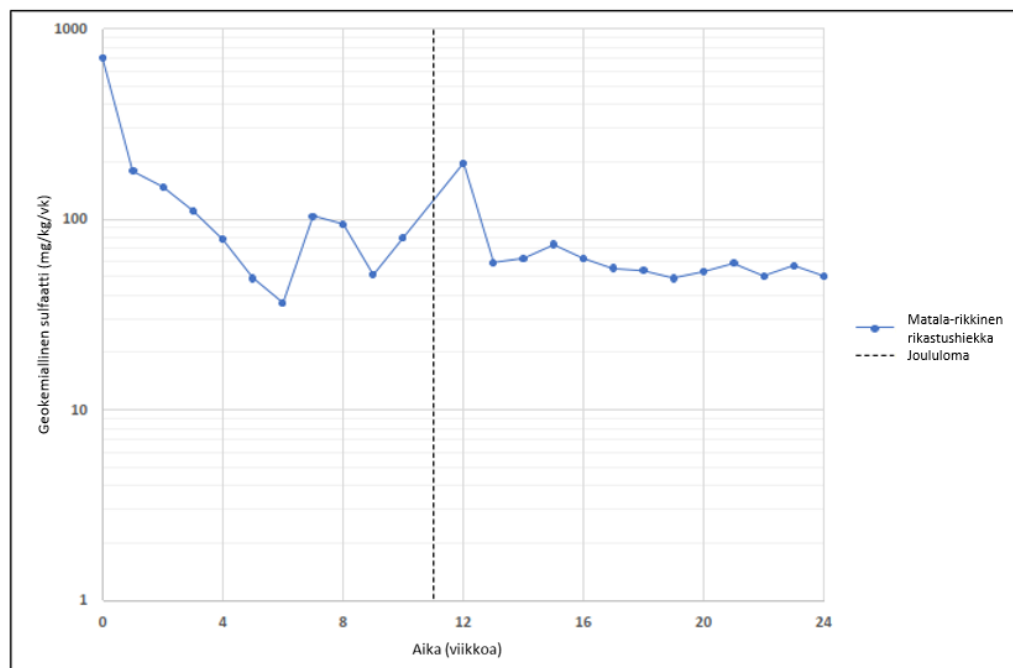


Kuva 17. Matalarikkisen rikastushiekan sähkönjohtavuus kosteuskammiokokeen aikana (SRK 2018 b).



Kuva 18. Nikkelin vapautumisnopeus matalarikkisen rikastushiekan kosteuskammiokokeessa (SRK 2018b).

16.11.2020



Kuva 19. Sulfaatin muodostumisnopeus matalarikkisen rikastushiekan kosteuskammiokokeessa (SRK 2018b).

4.1.11 Monoliitin uuttokoe

Uuttokokeen tulokset on esitetty alla (Taulukko 4-7). Uutteen pH oli kaikissa vaiheissa emäksinen (Kuva 20). Rikkipitoisuutena esitetty sulfaattipitoisuus kasvoi kokeen loppua kohden (Kuva 21), samoin kuin todennäköisesti sulfidisina esiintyvien nikkelin (Kuva 22) ja kuparin (Kuva 23) pitoisuudet. Arseenin mobilisoituminen oli vaihtelevaa, ja maksimit havaittiin vaiheissa 3 ja 7 (Kuva 24). Metallien pitoisuudet olivat kaikissa vaiheissa alhaisia. Myös monoliitin uuttokokeen tulosten käyttäminen edellyttää vesi-kiintoaine –kontaktin skaalausta ja kokonaisolosuhteiden huomiointia. Monoliitti edustaa pastatäyttöä ja sen vaikutus käsitellään osana maanalaisen kaivoksen veden laadun arviointia (sulkemisen jälkeen) kappaleessa 5.2

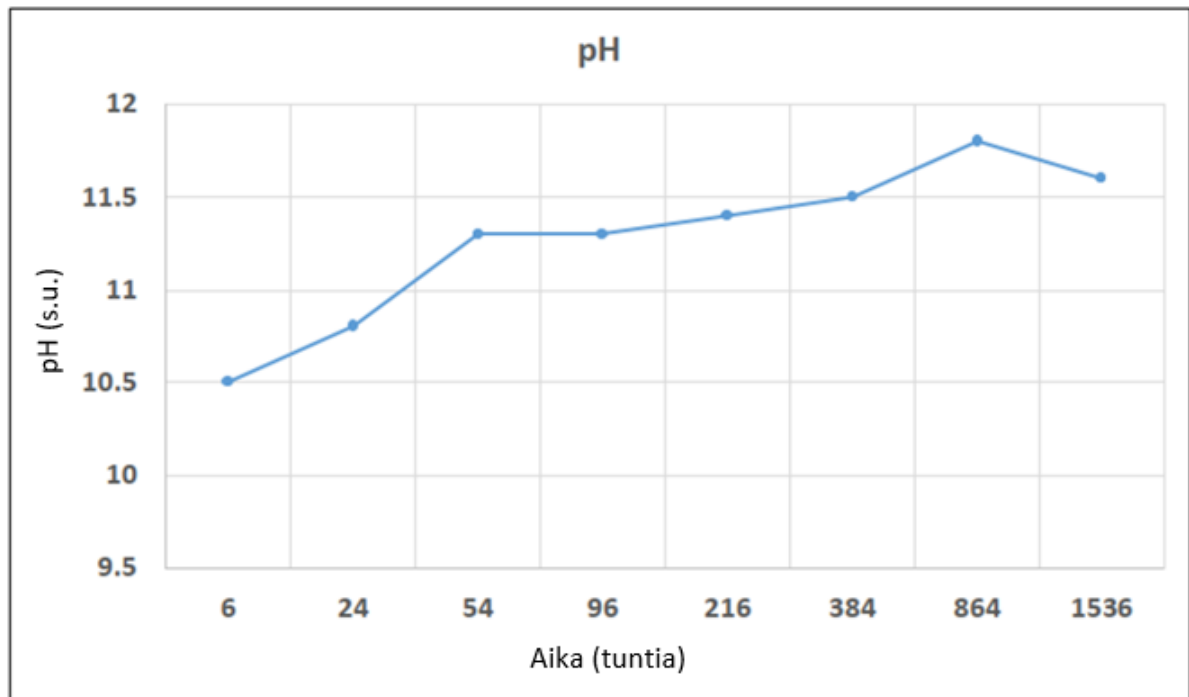
Taulukko 4-7. Monoliitin uuttokokeen uutteen pitoisuudet eri uuttovaiheissa (SRK 2018b).

Parametri	Yksikkö	Uutteen konsentraatio							
		Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Vaihe 5	Vaihe 6	Vaihe 7	Vaihe 8
		0,5 päivää	1 päivä	2,25 päivää	4 päivää	9 päivää	16 päivää	36 päivää	64 päivää
		6 h	24 h	54 h	96 h	216 h	384 h	864 h	1536 h
Sähkönjoht.	μS/cm	114	154	330	292	501	477	619	629
pH		10,5	10,8	11,3	11,3	11,4	11,5	11,8	11,6
Alkaliteetti	mg/l CaCO ₃	38,5	60	90	80	130	130	195	185
Alumiini	mg/l	0,41	0,42	0,67	0,58	0,98	0,89	1,32	1,31

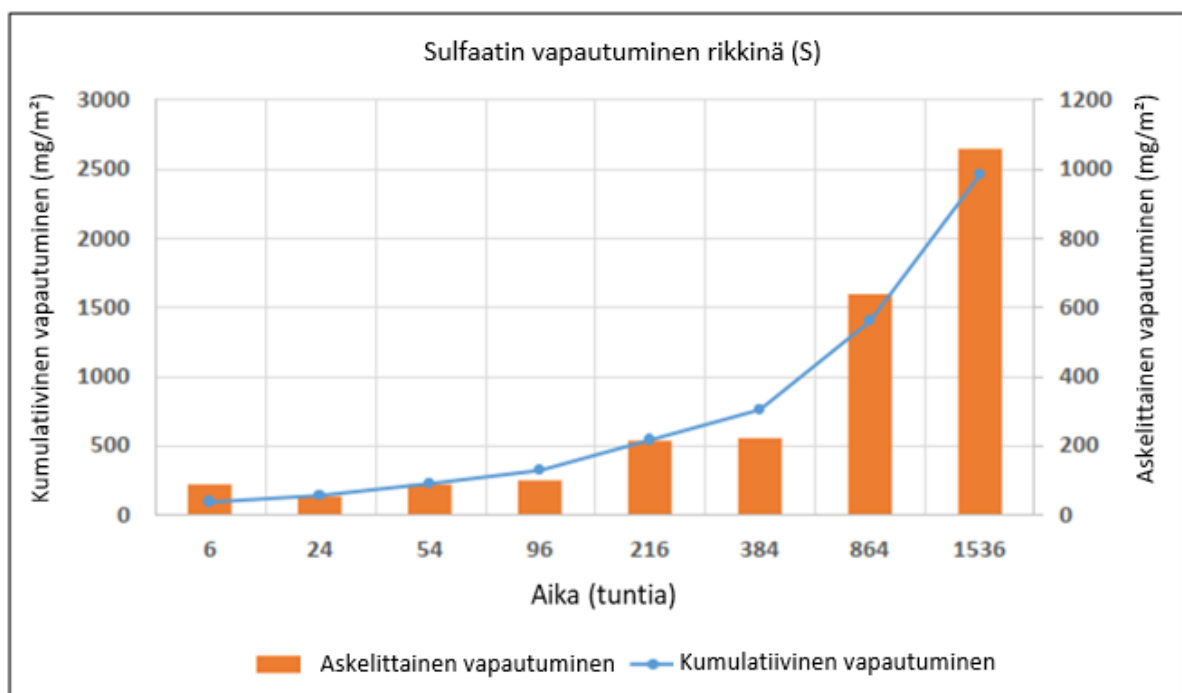
16.11.2020

Antimoni	mg/l	0,00034	0,00018	0,00024	0,0002	0,00036	0,0003	0,00018	0,0003
Arseeni	mg/l	0,0011	0,00079	0,0024	0,00073	0,0009	0,00083	0,0031	<0,0005
Barium	mg/l	0,0049	0,017	0,043	0,048	0,082	0,082	0,13	0,12
Beryllium	mg/l	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Vismutti	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Boori	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,0057	0,011
Kadmium	mg/l	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008
Kalsium	mg/l	4,9	11,9	24,4	26,5	45,1	46	72,9	75,3
Kloridi	mg/l	0,71	0,72	1,15	1,18	1,96	1,92	3,59	3,21
Kromi	mg/l	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Koboltti	mg/l	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015
Kupari	mg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,00061	0,00071	0,0018	0,0023
Fluoridi	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,15	0,19
Rauta	mg/l	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	0,019	<0,019	<0,019
Lyijy	mg/l	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Litium	mg/l	0,0021	0,0019	0,0031	0,0028	0,0045	0,0044	0,0063	0,0071
Magnesium	mg/l	0,054	<0,036	<0,036	<0,036	<0,036	0,072	<0,036	<0,036
Mangaani	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Elohopea	mg/l	<0,00001	<0,00001	1,00E-05	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Molybdeeni	mg/l	0,0016	0,0015	0,0024	0,0025	0,0043	0,0044	0,0098	0,015
Nikkeli	mg/l	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,00045	0,00041	0,0005	0,00084
Fosfori	mg/l	0,016	0,011	0,015	0,017	0,011	0,017	0,018	0,011
Kalium	mg/l	10,4	7,1	9,65	8,08	10,5	8,32	8,46	6,77
Seleen	mg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,00059	0,0012	0,0011	0,0036	0,0045
Pii	mg/l	0,9	0,97	1,71	1,44	2,39	2,04	2,18	2,04
Hopea	mg/l	<0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	<0,0005
Natrium	mg/l	6,86	4,46	6,38	5,18	6,93	5,74	6,71	4,66
Strontium	mg/l	0,033	0,078	0,13	0,13	0,22	0,22	0,37	0,37
Sulfaatti	as S mg/l	1,08	0,65	1,08	1,24	2,67	2,77	7,97	13,2
Tallium	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Kokonaistyyppi	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Volframi	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,0017	0,0017	0,0035	0,0047
Uraani	mg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0005
Vanadiini	mg/l	0,005	0,003	0,0036	0,0033	0,006	0,0056	0,009	0,0094
Sinkki	mg/l	<0,001	<0,001	0,0014	<0,001	<0,001	<0,001	0,0011	<0,001

16.11.2020

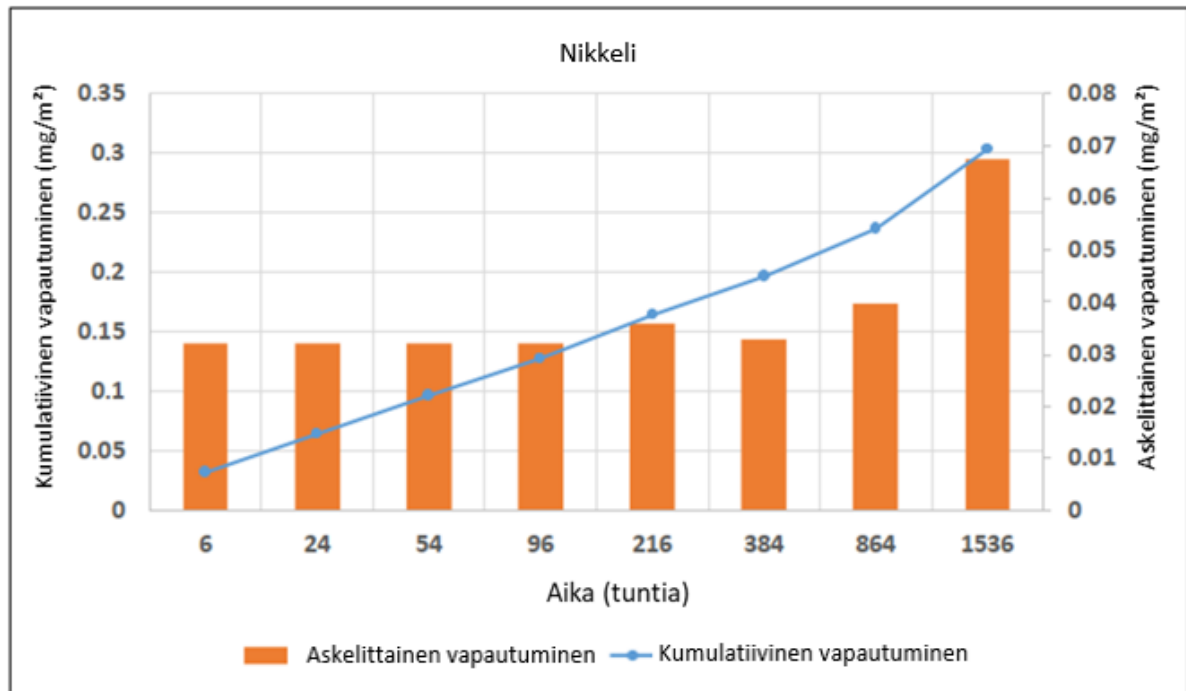


Kuva 20. Monoliitin uuttokokeen pH eri vaiheissa (SRK 2018b).

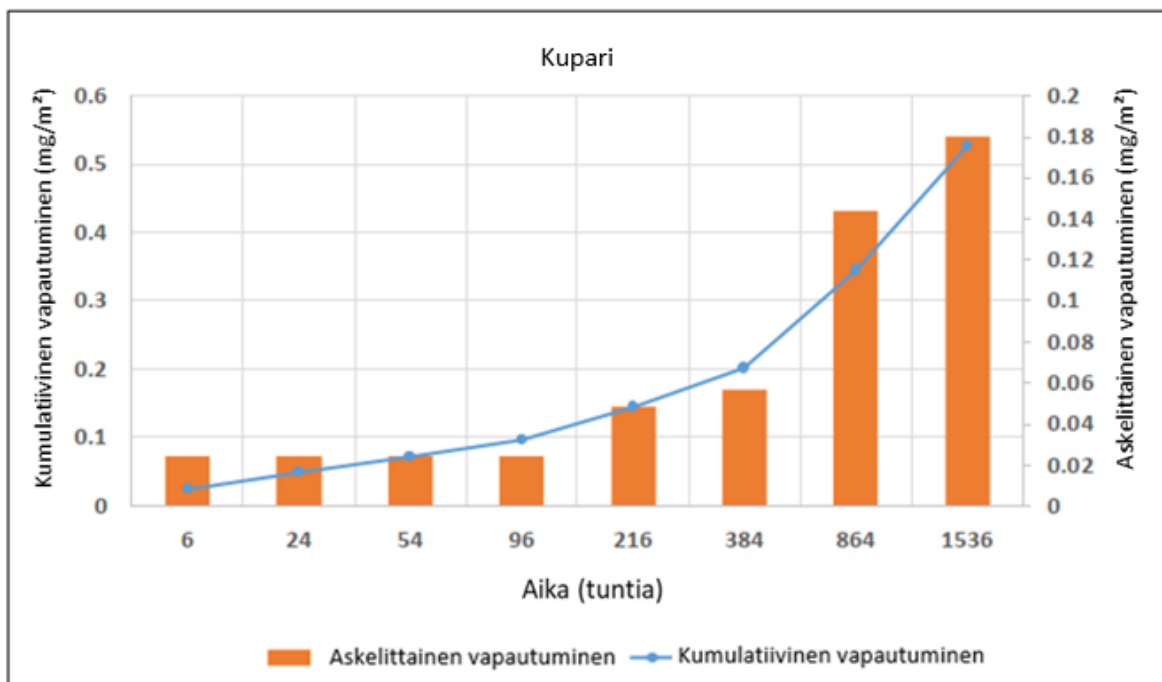


Kuva 21. Sulfaatin vapautuminen rikkinä monoliitin uuttokokeen eri vaiheissa ja kumulatiivinen vapautuminen (SRK 2018b).

16.11.2020

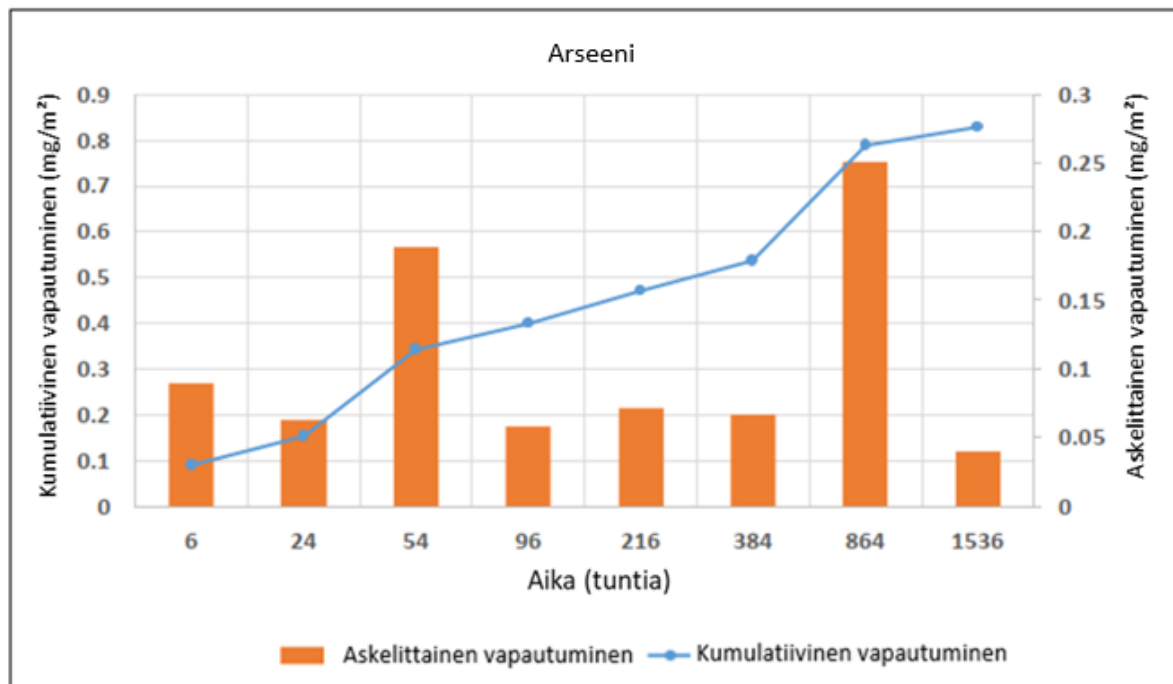


Kuva 22. Nikkeli vapautuminen monoliitin uuttokokeen eri vaiheissa ja kumulatiivinen vapautuminen (SRK 2018b).



Kuva 23. Kuparin vapautuminen monoliitin uuttokokeen eri vaiheissa ja kumulatiivinen vapautuminen (SRK 2018b).

16.11.2020



Kuva 24. Arseenin vapautuminen monoliitin uuttokokeen eri vaiheissa ja kumulatiivinen vapautuminen (SRK 2018b).

4.1.12 Vuoden 2020 tutkimus

Vuonna 2020 on tutkittu prosessivaihtoehdon 2 (LIMS-prosessin) rikastushiekkvoja (Geochemic 2020). Tämän sulkemissuunnitelmaraportin viimeistelyn aikana työ on vielä kineettisen testauksen osalta kesken ja sulkemissuunnitelman laadinnan varsinaisessa työstövaiheessa prosessivaihtoehdosta 2 ei ole ollut vielä tuloksia käytettävissä lainkaan. Näin ollen sulkemissuunnitelma on laadittu ensisijaisesti prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekkalaatujen pohjalta. Kosteuskammiokokeen tulokset prosessivaihtoehdon 2 rikastushiekoille ovat tätä raporttia laadittaessa käytettävissä koeviikkoon 24 asti. Prosessivaihtoehdossa 1 matalarikkinen rikastushiekka on lähtökohtaisesti hapetuneempaa, mikä näkyy prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekkaan sitoutuneen sulfaattikuorman purkautumisena kokeen alkuvaiheessa. Merkittävämpänä erona prosessivaihtoehtojen välillä (matalarikkisen rikastushiekan osalta) on prosessivaihtoehdon 2 vähäisemmät sulfaattipitoisuudet näytteestä poistuvassa vedessä. Metallien osalta erot prosessivaihtoehtojen välillä kosteuskammiokokeissa vaikuttavat toistaiseksi vähäisiltä. (Prosessivaihtoehdon 1 kosteuskammiokokeissa korkearikkinen rikastushiekka testattiin kineettisesti ainoastaan pastamonoliitin osana, joten korkearikkisen rikastushiekan osalta ei voida vertailla kosteuskammiokokeita.)

Pääsääntöisesti prosessivaihtoehdossa 2 sekä rikkipitoisuudet että metallipitoisuudet ovat jonkin verran alhaisempia sekä matalarikkisessä että korkearikkisessä rikastushiekassa. Erot ovat huomattavimpia kromin, kuparin, nikkelin ja vanadiinin osalta. Alla (Taulukko 4-8, Taulukko 4-9) esitetään tiiviisti keskeisimpiä eroja rikastushiekoissa prosessivaihtoehtojen välillä.

16.11.2020

Taulukko 4-8. Rikastushiekkojen ABA-testitulosten vertailu prosessivaihtoehtoissa 1 ja 2 (SRK 2018b, Geochemic 2020).

ABA		Prosessi- vaihtoehto 1	Prosessi- vaihtoehto 1	Prosessi- vaihtoehto 2	Prosessi- vaihtoehto 2
Parametri	Yksikkö	Matala- rikkinen RH	Korkea-rikkinen RH	Matala- rikkinen RH	Korkea- rikkinen RH
S _{tot}	%	0,32	32,1	0,24	13,9
Sulfidinen S	%	0,22	30,4	0,14	12,3
C _{tot}	%	0,4	<0,01	0,58	0,4
Org. C	%	0,11	0,02	0,01	0,03
Epäorg. C	%	0,29	<0,01	0,57	0,37
AP	kg CaCO ₃ /t	6,9	950	7,5	432
titrattu NP	kg CaCO ₃ /t	46	12	87,8	56,2
NPR	-	6,65	0,01	11,7	0,13
Hapontuotto- potentiaali	-	NAF	PAF	NAF	PAF

Taulukko 4-9. Rikastushiekkojen kokonaispitoisuuksien vertailu prosessivaihtoehtoissa 1 ja 2. sekä vertailu PIMA-asetuksen (Vna 214/2007) ohjearvoihin, joista kynnysarvoon viitataan kaivannaisjäteasetuksessa (Vna 190/2013, liite 1) pysyvän määrittelyn osana. (SRK 2020).

		Metallit										
		As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	Kynnys- arvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
	Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
	Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Prosessi- vaihtoehto 1	Matala- rikkinen	1,3	0,2	57,7	3780	559	0,01	1500	18,3	0,37	108	64
Prosessi- vaihtoehto 1	Korkea- rikkinen	3,1	0,19	126	1840	986	0,01	5500	13,8	0,21	67	20
Prosessi- vaihtoehto 2	Matala- rikkinen	1	0,12	59,2	1450	468	0,01	1310	4,8	0,05	37	33
Prosessi- vaihtoehto 2	Korkea- rikkinen	1,7	0,14	128	7030	786	0,01	3860	5,3	0,08	171	79

Prosessivaihtoehtoon 2 prosessivedet on analysoitu 2020 Labtiumin laboratoriossa, joten tässä raportissa esitettävien vesilaatujen laskennassa (Taulukko 49) on ollut käytettävissä tietoa molempien prosessivaihtoehtojen prosessivesistä. Prosessiveden merkitys suljetun rikastushiekka-alueen suotovesiladussa on voimakkaimmillaan aktiivisessa sulkemisvaiheessa ja vähenee ajan kuluessa.

16.11.2020

Pitkällä aikavälillä rikastushiekan pitkäaikaiskäyttäytyminen ja suljetun läjityksen olosuhteet ovat ensisijaiset vesilaatua säätelevät tekijät.

4.1.13 Muut rikastushiekkaan liittyvät tiedot

Rikastushiekka-alueella tullaan mahdollisesti käyttämään pölyntorjuntatoimenpiteitä, joilla voi olla vähäistä merkitystä läjityksen ominaisuuksiin. Kysymykseen voivat tulla esimerkiksi mikrobipohjainen pölyntorjunta-aine tai louheteiden käyttö kuivaläjitysalueella toiminnan aikana.

4.2 Sivukivi

Tässä kappaleessa käsitellään sivukiven muodostuminen ja käyttö. Lisäksi esitetään geokemialliset tarkastelut vuosilta 2017 ja 2018.

4.2.1 Sivukiven muodostuminen ja käyttö

Louhinnasta syntyvän sivukiven määräksi on arvioitu noin 8,8 Mt, josta noin 3,7 Mt on mahdollisesti hapanta, metallipitoista valumaa tuottavaa. Ensisijaisesti kaikki sivukivi pyritään hyödyntämään kaivoksen toiminnan aikana, pääosin louhostäyttöinä. Toistaiseksi ei ole varmuutta siitä, että voidaan-ko kaikki sivukivi hyödyntää rakentamiseen tai louhostäyttöihin.

4.2.2 Näytteiden valinta ja edustavuus

Karakterisointitutkimukset on tehty sivukivinäytteille, jotka edustavat tämänhetkisiä suunnitelman mukaisia maanalaiseen kaivokseen louhittavia tiloja. On kuitenkin huomioitava, että mahdolliset muutokset suunnitelmissa voivat vaikuttaa myös sivukiven muodostumissuhteisiin.

Karakterisointityössä sivukivinäytteet valittiin malmikairaustietojen perusteella sekä pääesiintymästä (Mainbody) että koillis-esiintymästä (Northeast). Karakterisoinnissa oli mukana myös joitakin sittemmin rajatun alueen ulkopuolisia näytteitä (Southwest). Kutakin esiintymää tarkasteltiin yksilönä, kairanäytteet valittiin siten, että ne edustavat kutakin esiintymää mahdollisimman kattavasti. Näyttemäärä perustuu kunkin litologisen yksikön määrään tarkasteltavassa esiintymässä. Kaikkiaan pääesiintymästä valittiin 38 näytettä, lounaisesta ja koillisesta esiintymistä 5 kummastakin sekä mahdollisten muiden maanalaisten tilojen (mm. vinotunneli) 9 kpl, kaikkiaan 57 kpl.

4.2.3 Geokemialliset analyysimenetelmät

Sivukiven ominaisuuksia tutkittiin seuraavilla staattisilla menetelmillä:

- Hapto-emäs -laskenta (acid base accounting, ABA)
- Alkuaineanalyysi, kuningasvesihajotus ja ICP-MS/OES-määritys
- 2-vaiheinen tislattu vesi -uutto, SFS EN 12457-3
- Nettohapontuotto (NAG-testi) ja loppuliuoksen analyysi

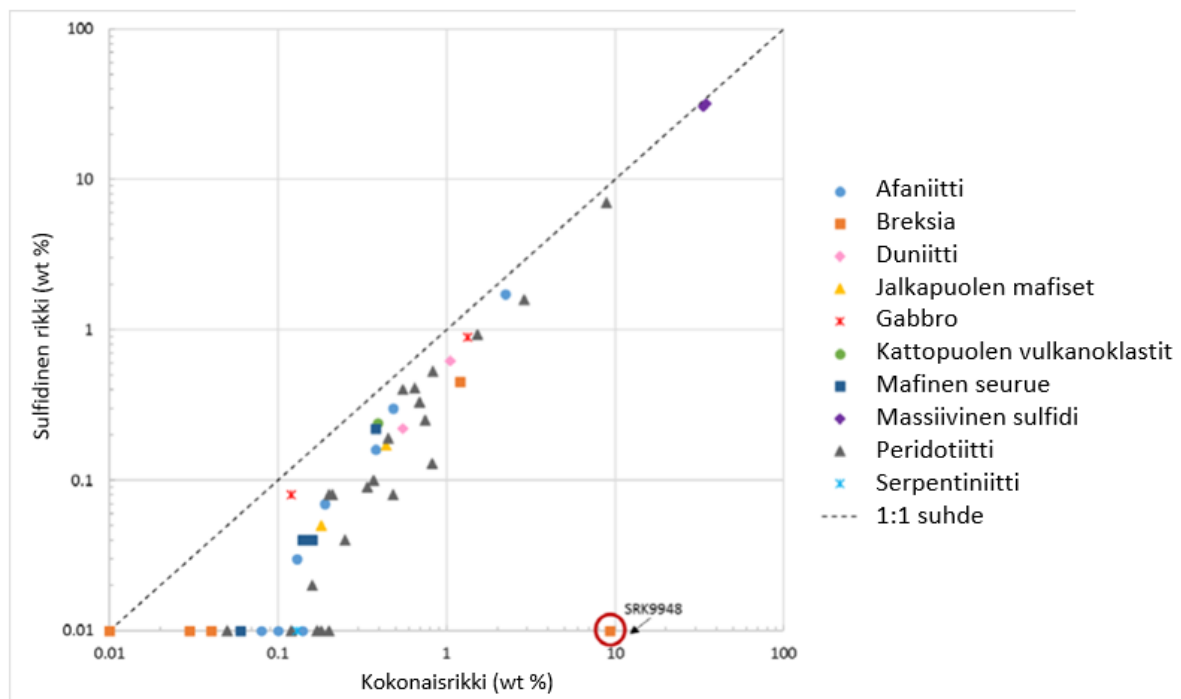
16.11.2020

Analyysituloksia verrattiin mm. kaivannaisjäteasetuksen (Vna 190/2013), PIMA-asetuksen (Vna 214/2007) sekä asetuksen 331/2013 raja-arvoihin.

4.2.4 ABA-testi

Sulfidisen rikin määrä näytteissä vaihteli suuresti välillä <0,01–31,7 m-%. Rikin kokonaispitoisuuden ja sulfidisen rikin pitoisuuden välillä on kohtuullinen korrelaatio (Kuva 25). Rikin kokonaispitoisuudet ovat yleensä sulfidisen rikin pitoisuuksia suurempia, mikä tarkoittaa muiden rikkiä sisältävien mineraalien, kuten kipsin tai muiden sulfaattimineraalien, läsnäoloa.

Kivilajien mukaan jaoteltuna kaikki breksia-, duniitti-, jalkapuolen (esiintymän alapuolen) mafiset ja mafisen sarjan näytteet sekä serpentiniittinäyte luokiteltiin ei-happoa tuottaviksi (NAF) ABA-testin perusteella. Afaniitti-, gabro- ja kattopuolen (esiintymän yläpuolen) vulkanoklastiset näytteet olivat joko ei-happoa tuottavia (NAF) tai hapontuottokyvyltään epävarmoja, mutta keskimäärin nämä kivilajit luokiteltiin hapontuotto-ominaisuuksien osalta pysyväksi, mutta tämä luokitteluperuste ei siis yksinään riitä luokitteluun pysyväksi kaivannaisjätteeksi (Vna 190/2013). Luokittelu Vna 190/2013 mukaan kokonaisuutena edellyttää myös metallien kokonaispitoisuuksien esiintymistä tietyissä rajoissa.



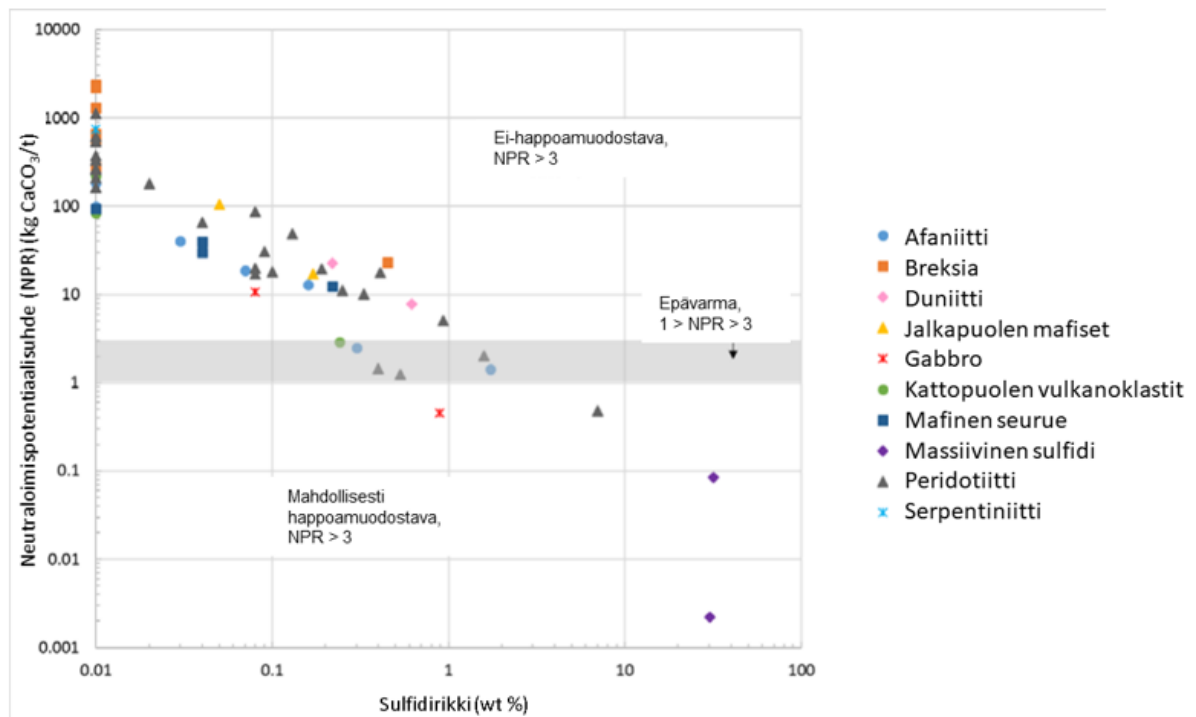
Kuva 25. Sulfidinen rikki rikin kokonaispitoisuuden funktiona sivukivinäytteissä (SRK 2017). Ympäripyöreissä näytteissä on epätavallisen alhainen sulfidisen rikin ja kokonaisrikin suhde.

Suurin osa (85 %) peridotiittinäytteistä oli ei-happoa tuottavia (NAF), mutta kolme näytettä luokiteltiin hapontuottokyvyltään epävarmoiksi ja yksi näytteistä happoa tuottavaksi (PAF). Molemmat massiivisulfidinäytteet olivat odotetusti mahdollisesti happoa tuottavia (PAF), sillä niiden sulfidisen rikin pitoisuudet olivat 33,4 ja 34,7 m-% (Kuva 26). Keskimääräiset ABA-tulokset kivilajeittain on esitetty alla (Taulukko 4-10).

16.11.2020

Taulukko 4-10. Sivukiven keskimääräiset ABA-testin tulokset kivilajeittain.

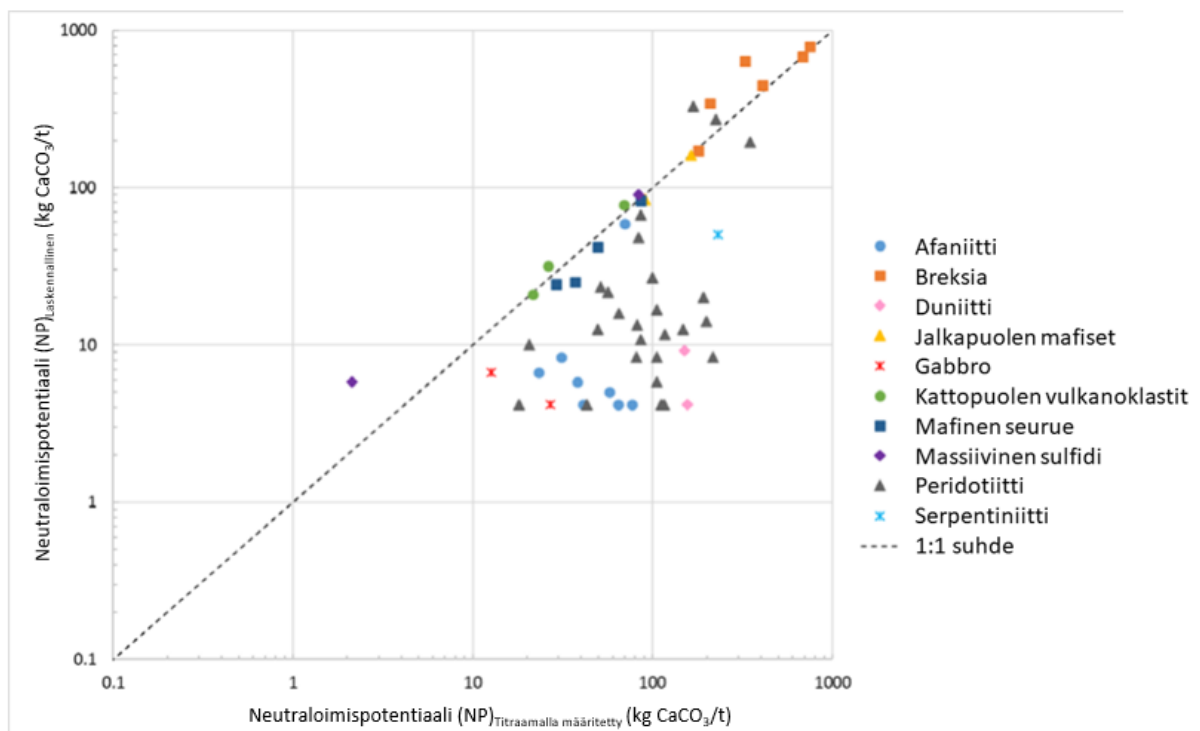
Kivilaji	N	S _{sulf.} m-%	AP	NP	NNP	NPR
			kg CaCO ₃ ekv. / tn			
Afaniitti	8	0,29	9,06	50,2	41,2	72,9
Breksia	7	0,07	2,28	377	375	1060
Duniitti	2	0,42	13,1	154	140	15,2
Jalkapuolen mafiset	2	0,11	3,44	127	124	61
Gabro	2	0,49	15,2	19,8	4,64	5,61
Kattopuolen vulkaniklastiset	3	0,09	2,71	39	36,3	103
Mafinen sarja	4	0,08	2,42	50,4	48	43,6
Massiivisulfidi	2	31,1	970	43	-927	0,04
Peridotiitti	26	0,47	14,8	114	99,7	169
Serpentiniitti	1	0,01	0,31	232	232	742
Kaikkein näytteiden keskiarvo	57	1,4	43,8	127	83,5	242



Kuva 26. Sulfidisen rikin pitoisuudet kivilajeittain NPR-suhteen funktiona (SRK 2017).

16.11.2020

Tarkasteltaessa titraamalla määritetyn neutralointikapasiteetin ja epäorgaanisen hiilen määrän perusteella laskennallisesti arvioidun neutralointikapasiteetin eroa, havaitaan, että titraustulokseen perustuva arvio neutralointikapasiteetista on noin puolessa tapauksista suurempi kuin epäorgaanisen hiilen pitoisuudesta laskennallisesti saatava neutralointikapasiteetti (Kuva 27). Epäorgaaniseen hiilen perustuva neutralointikapasiteetti on useimmiten lähes kokonaan karbonaattista ja näin ollen nopeasti käytettävissä, kun taas titraamalla arvioidussa neutralointikapasiteetissa on mukana myös muita, hitaammin reagoivia mineraaleja, tyypillisesti silikaatteja.



Kuva 27. Laskennallinen neutralointipotentiaali titraamalla määritetyn neutralointipotentiaalin funktiona (SRK 2017).

4.2.5 NAG-testi

Nettohaponpäättökokeetta (NAG) käytetään ABA-tuloksen varmistamiseksi sekä materiaalien äärimmäisen hapettumiskäyttäytymisen selvittämiseksi. NAG-testin loppuliuoson metallipitoisuuksien perusteella voidaan arvioida varsinkin sulfidisten metallien mobilisoitumista paremmin kuin uuttokokeella. NAG-testin tuloksia on kuitenkin tarkasteltava varmistaen, että sulfidien hapettuminen on todellakin tapahtunut ja huomioiden, että testitilanteessa voi muodostua esim. saostumista aiheuttavia pH-olosuhteita, joita todellisessa läjityksessä ei muodostuisi.

Arvioitujen sivukivilaatuojen NAG-testin näytemäärät ja tulokset on esitetty taulukossa (Taulukko 4-11). Ainoastaan massiivisulfidin loppu-pH oli selvästi hapan indikoiden alhaista neutralointikapasiteettia. Gabron keskimääräinen loppu-pH oli lievästi hapan, 6,1. Kaksi gabronäytettä käyttäytyi toisistaan poikkeavasti, toisen loppu-pH oli selvästi hapan, 3,69, ja toisen selvästi emäksinen 8,55. Näiden tulosten perusteella ei voi arvioida, kumpi näytteistä on kivilajia paremmin edustava (mikä edellyttää lisätarkastelua tai päästölähdearviointia konservatiivisin perustein). Muiden kivilajien

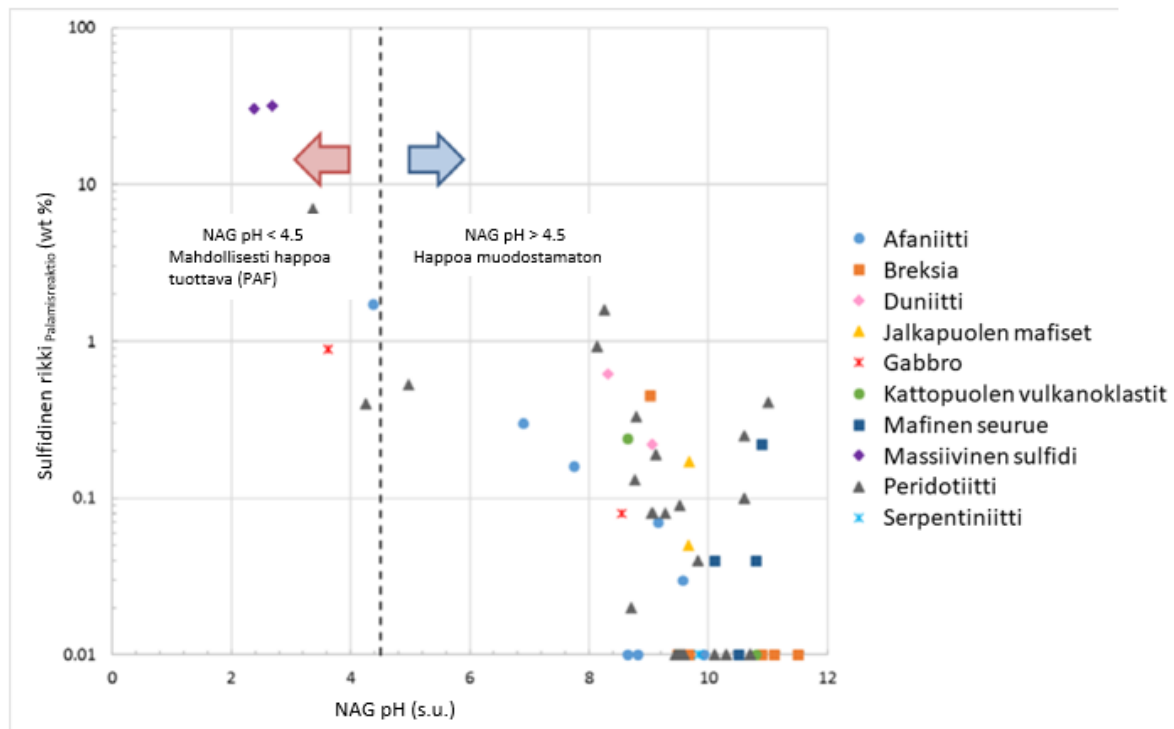
16.11.2020

loppu-pH:t olivat selvästi emäksisiä. Tarkasteltaessa sulfidisen rikin pitoisuutta ja NAG-pH:ta havaitaan, että näytteissä, joissa oli korkeimmat sulfidisen rikin pitoisuudet, myös NAG-pH oli selvästi hapan ja toisaalta alle määrittäysrajan olleet rikkipitoisuudet tuottivat emäksisimmät NAG-pH:t (Kuva 28).

Taulukko 4-11. Sivukivien NAG-testin tulokset ja näytemäärät kivilajeittain (SRK 2017).

Kivilaji	N	NAG-pH	Nettophosphatopotentiaali / kg H ₂ SO ₄ ekv. / tn		
			Keskiarvo	Min.	Max.
Afaniitti	8	8,14	1,85	0	14,7
Breksia	7	10,4	0	0	0
Duniitti	2	8,69	0	0	0
Jalkapuolen mafiset	2	9,68	0	0	0
Gabro	2	6,09	4,9	0	9,79
Kattopuolen vulkaniklastiset	3	9,64	0	0	0
Mafinen sarja	4	10,6	0	0	0
Massiivisulfidi	2	2,53	144	89,7	199
Peridotiitti	26	9	2,08	0	46,3
Serpentiniitti	1	9,84	0		

16.11.2020



Kuva 28. Sivukivilajien sulfidisen rikin pitoisuudet NAG-pH:n funktiona sekä karkea jaottelu happoa muodostamattomiin (NAF) ja mahdollisesti happoa muodostaviin (PAF) (SRK 2017).

4.2.6 Alkuainepitoisuudet

Pitoisuuksia verrataan ns. PIMA-asetuksen (Vna 214/2007) pitoisuuksiin. Kaivannaisjäteasetuksen (Vna 190/2013) mukaan luokittelussa pysyväksi jätteenä pitoisuuksia verrataan PIMA-asetuksen kynnysarvoihin tai alueellisiin taustapitoisuuksiin. PIMA-asetuksen muita arvoja kuin kynnysarvoja käytetään tässä vain viitteellisinä suuruusluokan kuvaajina. Kaikkien sivukivilajien nikkelpitoisuus ylitti valtioneuvoston asetuksen 214/2007 kynnysarvon 50 mg/kg ja suurin osa kivilajeista ylemmän ohjearvon 150 mg/kg. Myös muiden tyypillisesti sulfidisinä esiintyvien metallien (koboltti, kromi ja kupari), pitoisuudet ylittivät yleisesti kynnysarvon. Kattopuolen vulkanoklastisissa kivissä ainoastaan nikkelpitoisuus ylitti kynnysarvon, muiden tarkasteltavien metallien ja metalloidien pitoisuudet olivat alle kynnysarvon. Vanadiinipitoisuuksista kynnysarvo 100 mg/kg ylittyi ainoastaan serpentiiniitissä, mutta mafisen sarja ja massiivisulfidin keskimääräiset pitoisuudet ovat lähellä kynnysarvoa, 93,5 ja 94,4 mg/kg. (Taulukko 4-12)

16.11.2020

Taulukko 4-12. Sivukivilajien kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sekä vertailu nk. Pima-asetuksen (Vna 214/2007) ohjearvoihin (SRK 2017).

Parametri	N	As Keski- arvo	Cd Keski- arvo	Co Keski- arvo	Cr Keski- arvo	Cu Keski- arvo	Hg Keski- arvo	Ni Keski- arvo	Pb Keski- arvo	Sb Keski- arvo	V Keski- arvo	Zn Keski- arvo
Yksikkö		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Afaniitti	8	1,33	0,32	44	343	2626	<0,005	651	9,58	0,04	48,8	27,9
Breksia	7	0,73	0,03	22,3	138	57	<0,005	148	0,66	<0,01	49,6	7,67
Duniitti	2	0,3	0,03	118	373	2520	<0,005	2740	0,56	<0,01	5,02	14,7
Jalkapuolen mafiset	2	0,21	0,14	46,3	1290	2325	<0,005	512	6,28	<0,01	74,6	31,8
Gabro	2	0,71	0,13	38,2	409	1868	<0,005	550	7,92	0,03	75,1	8,72
Kattopuolen vulkanoklastiset	3	0,48	<0,01	18,1	48,8	45,5	<0,005	67,1	1,41	<0,01	24,9	31,7
Mafinen sarja	4	0,44	0,06	38,7	740	546	<0,005	371	6,17	<0,01	93,5	9,65
Massiivisulfidi	2	2,7	0,69	1835	26	32250	0,025	30000	2,44	0,02	94,4	31,1
Peridotiitti	26	0,67	0,31	79,4	837	3019	0,006	1606	8,43	0,02	51,1	28,1
Serpentiniitti	1	0,83	0,01	67,9	15,4	267	<0,005	388	1,57	<0,01	101	13,1
Kynnsyarvo		5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo		50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo		100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400

4.2.7 Kontaktiliukoisuustesti

2-vaiheisen vesi-uuton uutteen mitatut metalli- ja metalloidipitoisuudet on esitetty alla (Taulukko 4-13). Arseenipitoisuus ylitti pysyvän jätteen kaatopaikalle asetetun raja-arvon (0,5 mg/kg) afaniitissa ja nikkelin raja-arvo (0,4 mg/kg) puolestaan ylittyi massiivisulfidissa. Afaniitti-, breksia-, duniitti- ja gabrouutteen keskimääräinen sulfaattipitoisuus ylitti pysyvän jätteen kaatopaikalle asetetun sulfaattipitoisuuden raja-arvon 1 000 mg/kg. Uutteen pH:t mitattiin L/S-suhteella 2 ja 8. Molemissa suhteissa kaikkien tutkittujen sivukivinäytteiden uutteen pH oli selvästi emäksinen, kaikkien uutteen pH:n vaihteluväli oli 8,19–10,1. On kuitenkin huomattava, että kontaktiliukoisuustestin perusteella ei voi luokitella kaivannaisjätettä: esitetyt raja-arvovertailut ovat vain viitteellisiä. Kontaktiliukoisuustestin avulla ei voi myöskään kuvata kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttämistä, sillä tulokset kuvaavat vain tuoretta kaivannaisjätettä eikä kiintoaine-vesikontaktisuhde ei vastaa luonnonolosuhteita. Tulos ei siis kuvaa suotoveden laatua.

16.11.2020

Taulukko 4-13. 2-vaiheisen uuton uutteen metalli- ja metalloidipitoisuudet eri sivukivilajeissa (SRK 2017). Raja-arvovertailut (Vna 331/2013) ovat viitteellisiä: kaivannaisjätettä ei varsinaisesti luokitella kaatopaikka-asetuksen mukaisesti.

Alku- aine	Vna 331/2013 vertailuarvot L/S 10												
	Kaato- paikka- luokka	Pysyvä	Tavan- omainen	Vaarallinen	Afaniitti	Breksia	Duniitti	Jalka- puolen mafiset	Gabro	Kattopuolen vulkanoklastiset	Mafinen sarja	Mas- siivi- sulfidi	Peridotiitti
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
As		0,5	2	25	0,7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Ba		20	100	300	0,3	0,1	0,6	0,35	0,3	<0,06	<0,06	1	0,7
Cd		0,04	1	5	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cr		0,5	10	70	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Cu		2	50	100	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05
Hg		0,01	0,2	2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mo		0,5	10	30	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Ni		0,4	10	40	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	4,6	<0,06
Pb		0,5	10	50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Sb		0,06	0,7	5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Se		0,1	0,5	7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05
Zn		4	50	200	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2
V		-	-	-	0,1	0,1	<0,05	0,1	<0,05	<0,05	0,3	<0,05	0,2
Cl ⁻		800	15 000	25 000	117	40,2	3294	<4	71,7	<8	9,6	63,8	103
F ⁻		10	150	500	<1	<1	<1	<1	<1	3,2	<1	<1	<1
SO ₄ ²⁻		1000	20 000	50 000	1201	9328	1940	71	1962	14	59	607	213
DOC		500	800	1 000									
TDS		4000	60 000	100 000									

4.2.8 NAG-testin loppuliuos

Metalli- ja metalloidipitoisuudet NAG-testin loppuliouksessa on esitetty taulukossa (Taulukko 4-14). Ainoastaan gabron ja massiivisulfidin kupari- ja nikkelipitoisuuksia voidaan pitää huomattavan korkeina, muuten pitoisuudet olivat kauttaaltaan alhaisia. Osaltaan tähän voi vaikuttaa NAG-testin loppuliouksen emäksinen pH useimmissa tapauksissa, jolloin metallit saostuvat liuoksesta. Tarkasteltaessa NAG-testin loppuliouksessa liukoisena olevaa osuutta kokonaispitoisuudesta havaitaan sama efekti. (Huom. sivukivelle, toisin kuin rikastushiekalle, on käytetty karakterisoinnissa kuningas-vesiliuotusta (**Error! Reference source not found.**). Merkittävä osuus NAG-testissä liukenevista aineista on peräisin yksittäisistä lähteistä: afaniitin arseenista, gabron kuparista ja nikkelistä sekä massiivisulfidin nikkelistä, kuparista ja sinkistä. Lisäksi afaniitin ja peridotiitin antimonipitoisuudet ovat moninkertaistuneet, mikä saattaa olla korkean loppu-pH:n vaikutusta, sillä arseenin ja antimonin liukoisuus kasvaa emäksissä olosuhteissa.

16.11.2020

Taulukko 4-14. Keskimääräiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sivukivilajien NAG-testin loppuliouksessa sekä kunkin kivilajin näytemäärä.

Parametri	N	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Yksikkö		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Afaniitti	4	0,82	0,08	8,33	5,23	3,67	87,4	<0,1	0,10	0,36	<1
Breksia	2	0,03	<0,01	<0,02	1,66	0,05	<0,06	<0,1	0,36	1,55	<1
Duniitti	1	<0,01	<0,01	0,03	1,37	0,04	1,41	<0,1	<0,01	0,02	<1
Jalkapuolen mafiset	2	0,02	<0,01	<0,02	14,8	0,27	<0,06	<0,1	0,02	1,42	3,75
Gabro	1	0,02	0,01	23,9	1,92	2880	596	<0,1	<0,01	0,05	<1
Kattopuolen vol- kanoklastiset	2	<0,01	<0,01	<0,02	1,54	0,05	<0,06	<0,1	0,01	0,95	2,55
Mafinen sarja	1	0,06	<0,01	<0,02	11,0	0,12	<0,06	<0,1	0,01	2,40	<1
Massiivisulfidi	1	0,15	0,20	233	0,37	13000	10200	<0,1	<0,01	0,21	36,7
Peridotiitti	8	0,03	<0,01	<0,02	10,4	0,12	0,23	<0,1	0,12	0,86	<1

Taulukko 4-15. NAG-loppuliouksessa mobilisoituvien metallien prosenttiosuus kokonaispitoisuudesta.

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Yksikkö	% -kok. pit.									
Afaniitti	62	23	19	1,5	-	13	-	250	0,7	-
Breksia	4,1	-	-	1,2	0,09	-	-	-	3,1	-
Duniitti	-	-	0,03	0,37	0,00	0,05	-	-	0,40	-
Jalkapuolen mafiset	7,1	-	-	1,1	-	-	-	-	1,9	12
Gabro	2,8	7,7	63	0,47	-	108	-	-	0,07	-
Kattopuolen vol- kanoklastiset	-	-	-	3,1	0,10	-	-	-	3,8	8,0
Mafinen sarja	14	-	-	1,5	0,02	-	-	-	2,6	-
Massiivisulfidi	5,6	29	13	1,4	40	34	-	-	0,22	118
Peridotiitti	4,9	-	-	1,2	0,00	0,01	-	590	1,7	-

16.11.2020

4.2.9 Kosteuskammiokokeet

Viimeisimmän kannattavuusarvioinnin (PFS-A) yhteydessä tehtiin alustaviin sulkemiskorjausten suunnitteluun ja päästöparametrien arviointiin käytettiin kKosteuskammiokokeiden tuloksia, jotka oli raportoitu 40 viikon testauksen jälkeen toukokuussa 2018. Testattavia sivukivinäytteitä oli alun perin 8 kpl, ja niistä kahden (ei-happamuodostava peridotiitti ja ei-happamuodostava afaniitti) koe lopetettiin 20 viikon jälkeen, koska merkittävää muutosta ei ollut tapahtunut. Osalle näytteistä kosteuskammiokoea jatkettiin edelleen 40 testiviikon jälkeen, mutta testiviikon 40 jälkeiset tulokset eivät ehtineet mukaan tässä sulkemissuunnitelmassa esitettäviin PFS-A –vaiheen tarkasteluihin.

Tutkitut sivukivinäytteet olivat seuraavat:

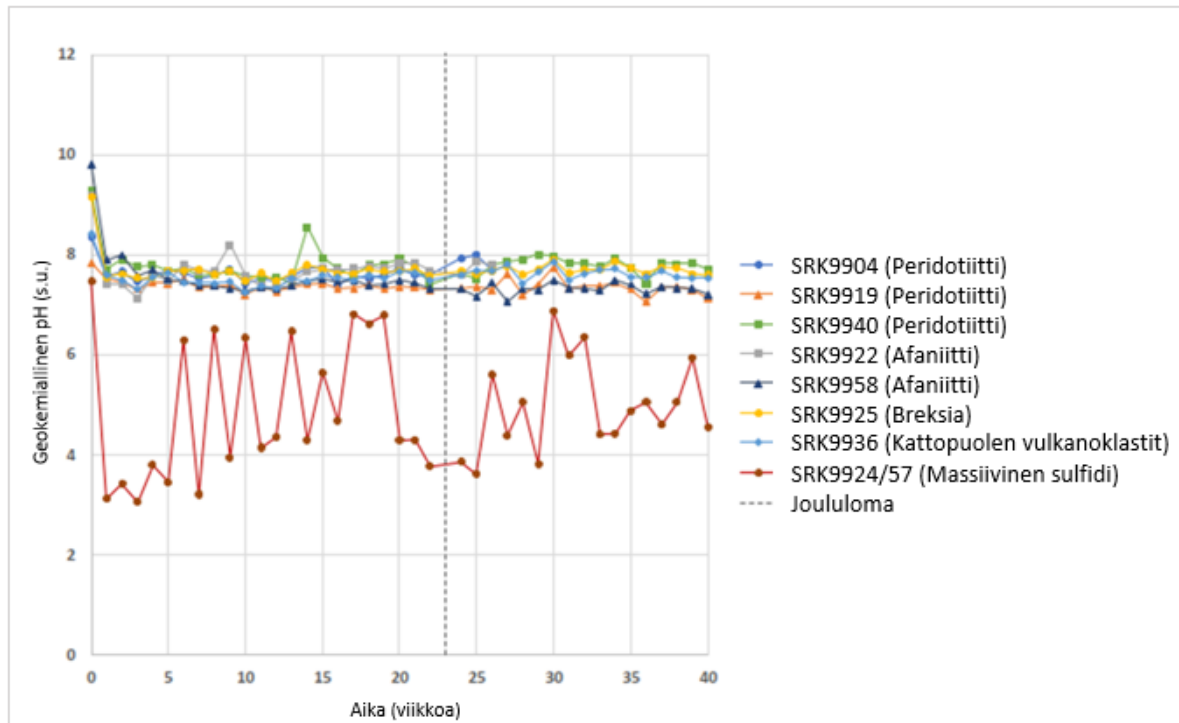
- Kolme peridotiittinäytettä, joista kaksi todettiin ei-happamuodostaviksi staattisessa testauksessa. Kolmannen näytteen hapenmuodostamisominaisuudet olivat staattisten kokeiden perusteella epävarmoja.
- Kaksi afaniittinäytettä, toinen ei-happamuodostava ja toinen epävarma.
- Breksia- ja kattopuolen vulkanoklastinäyte, molemmat on arvioitu ei-happamuodostavaksi, kumpakin on todennäköisesti vinotunnelialueella.
- Yhdistelmänäyte kahdesta massiivisulfidista, on staattisen testauksen perusteella mahdollisesti happamuodostavaa.

Kuviin (Kuva 29–Kuva 30–Kuva 31–Kuva 32–Kuva 33–Kuva 34–Kuva 35) on koottu keskeisten parametrien käyttäytyminen kosteuskammiokokeissa. Yleisesti näytteiden pH pysytteli lievästi emäksisinä koko kokeen ajan lukuun ottamatta massiivisulfidia, joka happamoitui heti kokeen alussa, ja jonka pH vaihteli kosteiden ja kuivien jaksojen mukaan. Samoin sähkönjohtavuus oli yleisesti alla 50 mS/m, mutta tässäkin poikkeuksen muodostaa massiivisulfidi.

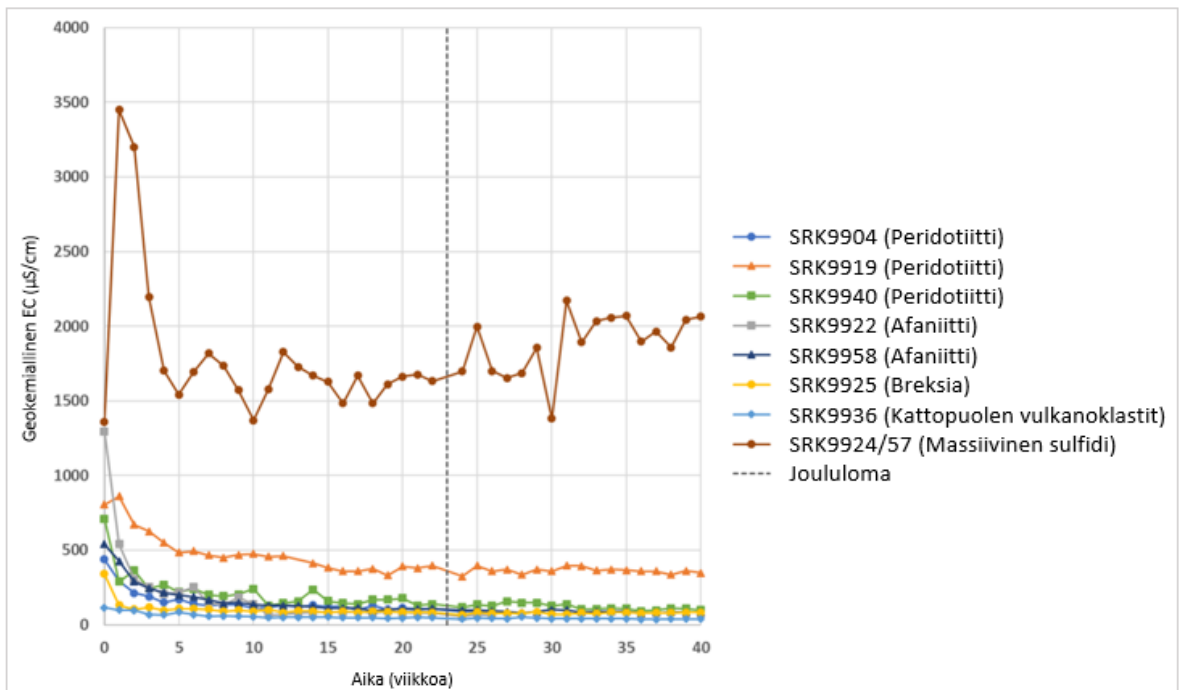
Sulfaatinmuodostus oli massiivisulfidissa suurinta, mutta ei-happamuodostavaksi staattisten testien perusteella arvioidussa peridotiittinäytteessä sulfaatinmuodostus oli toiseksi suurinta koko kosteuskammiokokeen ajan (Kuva 32).

Nikkelin ja kuparin vapautumisnopeudet noudattelivat sulfaatinmuodostusta. Massiivisulfidissa metallien vapautuminen oli suurinta, mikä aiheutuu myös alhaisesta pH:sta. Toisessa peridotiittinäytteessä oli nouseva trendi koko kokeen ajan, vaikka näytteen pH ei muuttunut merkittävästi. Näin ollen ei voida poissulkea neutraalin metallipitoisen valuman mahdollisuutta. Metallipitoisen valuman muodostumiseen vaikuttaa kuitenkin lopullisen kaivossuunnitelman mukainen sivukivien määrä ja laatu. Kosteuskammiokokeen vesi-kiintoainesuhde ja kokeen olosuhteet eivät myöskään vastaa todellisen läjityksen olosuhteita ja veden laatu muodostetaankin laboratoriotuloksista laskennan ja mallinnuksen keinoin (kappale 5).

16.11.2020

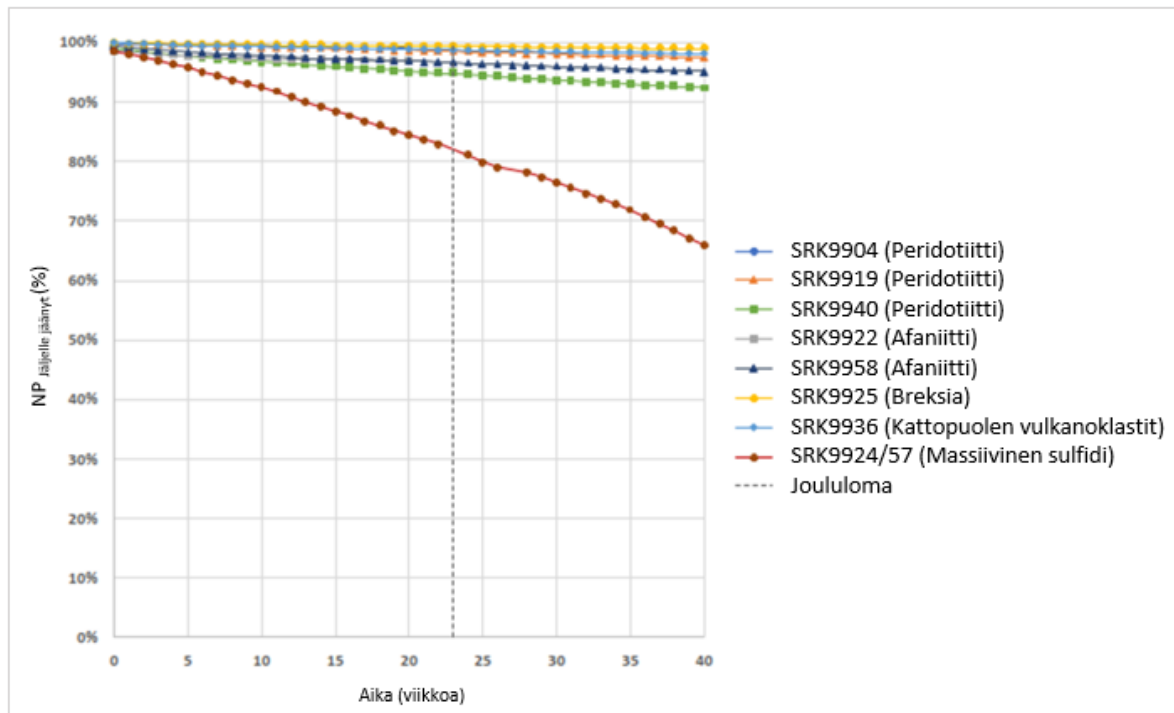


Kuva 29. Kosteuskammiokokeiden viikko-pH (SRK 2018).

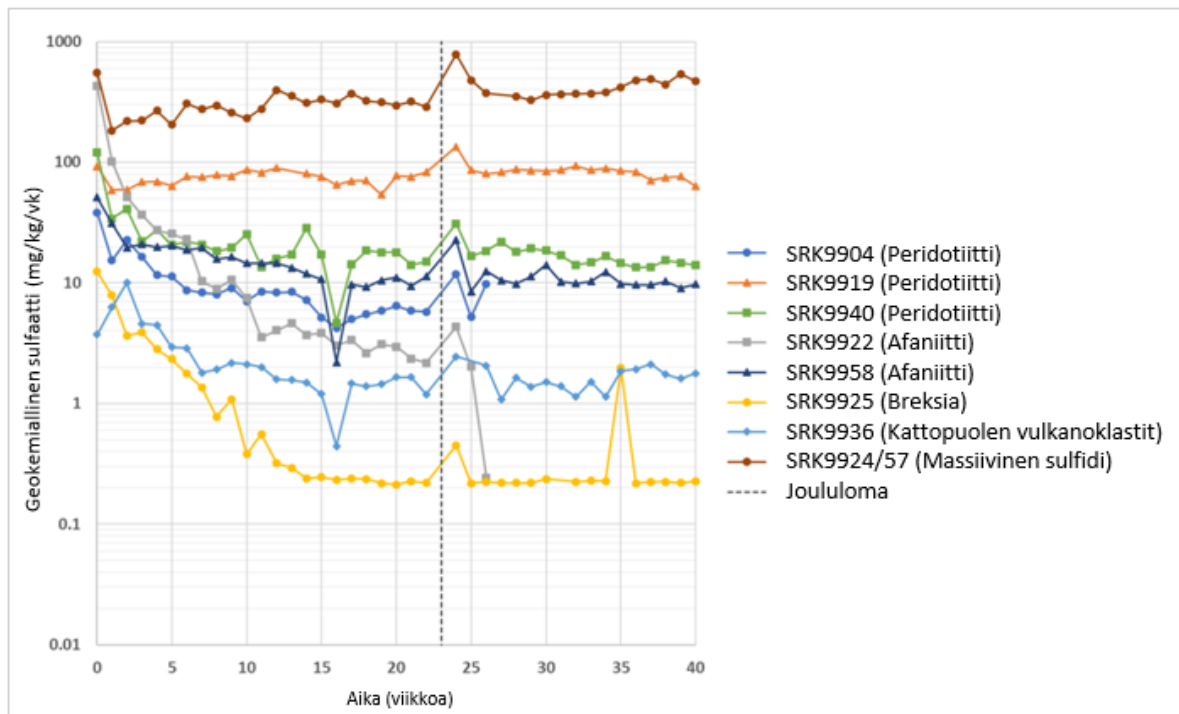


Kuva 30. Sähkönjohtavuuden kehittyminen kosteuskammiokokeissa (SRK 2018).

16.11.2020

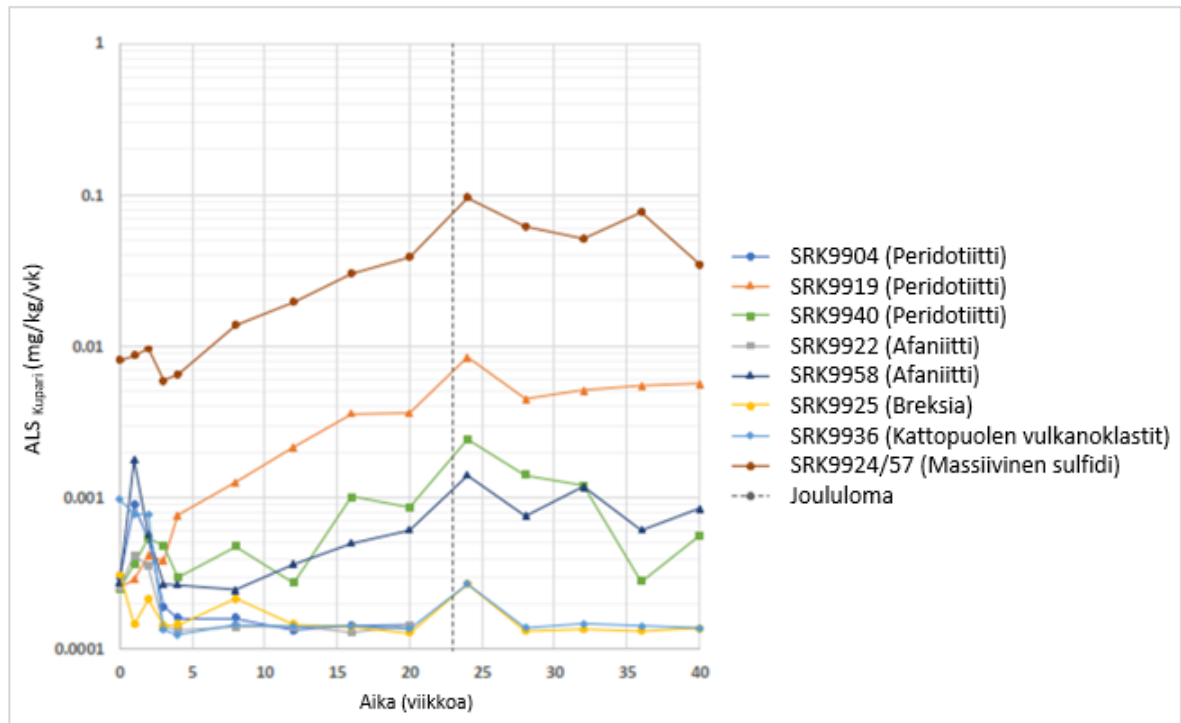


Kuva 31. Neutralointipotentiaalin muuttuminen kosteuskammiokekeen aikana (SRK 2018).

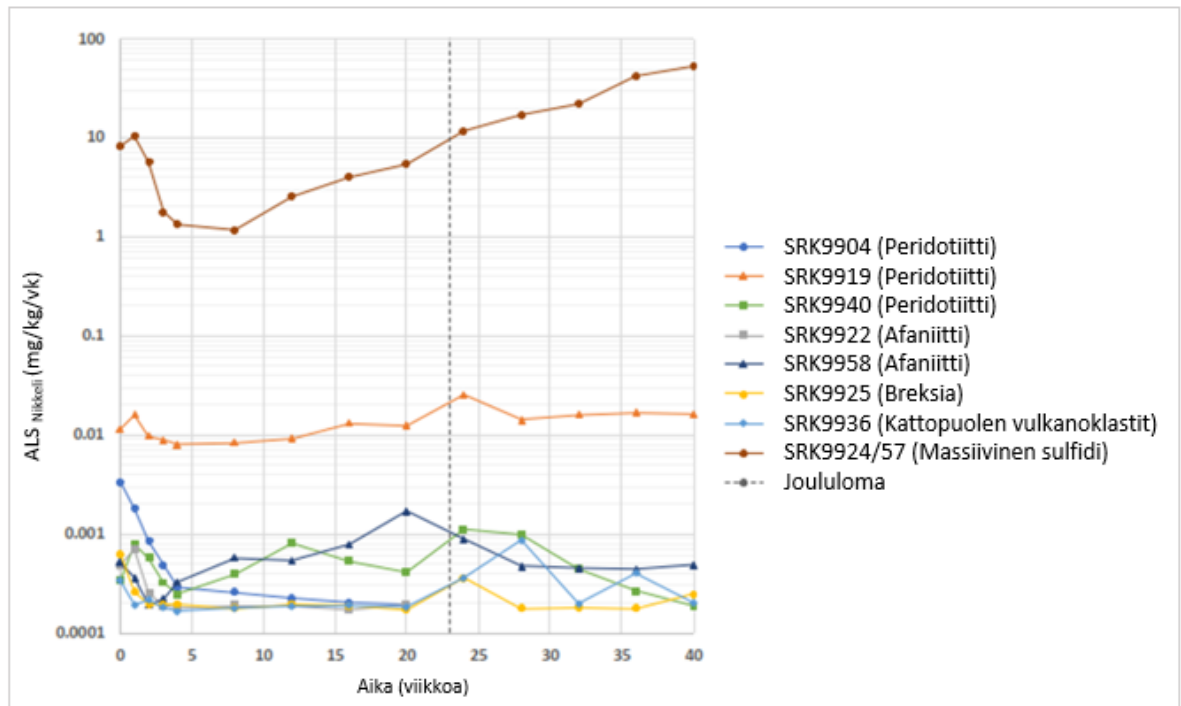


Kuva 32. Sulfaatin muodostuminen kosteuskammiokekeen aikana (SRK 2018).

16.11.2020

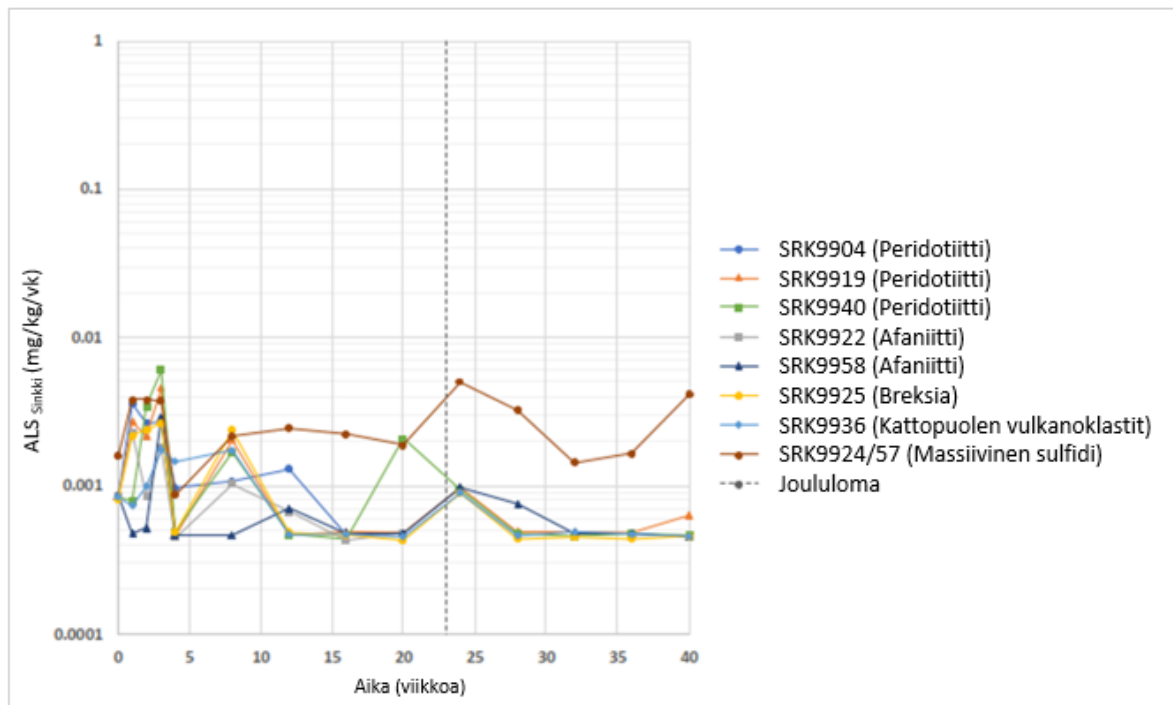


Kuva 33. Kuparin vapautumisnopeus kosteuskammiokokeessa (SRK 2018).



Kuva 34. Nikkelin vapautumisnopeus kosteuskammiokokeessa (SRK 2018).

16.11.2020



Kuva 35. Sinkin vapautumisnopeus kosteuskammiokoeksessa (SRK 2018).

4.3 Maa-ainekset

Tässä kappaleessa käsitellään maanpoistomaiden muodostuminen ja käyttö. Lisäksi esitetään tiedot alueen pintamaiden laadusta.

4.3.1 Pintamaan poisto ja maanpoistomaan käyttö

Maanpoistoa tullaan toteuttamaan mm. tarvekilouhoksen ja rikastamon alueilla. Jätealueiden maanpoistotarpeiden laajuus riippuu mm. valittavasta matalarikkisen rikastushiekan läjitystavasta. Poistomaiden tyyppi riippuu rikastamon, läjitysalueiden ja muun infrastruktuurin sijoituspaikkavaihtoehtoista.

Hankealueen vallitseva maalaji on moreeni. Hankealueen pohjoisosassa on joitakin kalliopaljastumia. Jokilaaksossa on laaja karkearakeista maalajia sisältävä alue. Mineraalimaan päällä on laajalti turvekerrostumia.

Kaikki maanpoistomaat tullaan hyödyntämään, viimeistään kaivoksen sulkemisen yhteydessä.

4.3.2 Maaperän geokemialliset ominaisuudet

Koska alueen maaperästä ei ole tehty tarkempaa geokemiallista tutkimusta, poimittiin maa-ainesten ominaisuustiedot Geologian tutkimuskeskuksen ylläpitämästä TAPIR-taustapitoisuuksien tietokannasta. Poiminta tehtiin 15 km säteellä Sakatin alueesta (keskipiste N:490305 E:7496076).

16.11.2020

(EUREF TM35FIN)). Poimittu tieto sisälsi keskeisten alkuaineiden moreenin kuningasvesiliukoiset taustapitoisuudet sekä Vna 214/2007 kynnysarvot kullekin metallille (Taulukko 4-16).

Sakatin moreenissa on luontaisesti kynnysarvon ylittäviä arseeni, koboltti-, kromi-, nikkeli- ja vanaadiinipitoisuuksia. Keskimääräinen pitoisuus ei ylitä suurinta suositeltua taustapitoisuutta (SSTP) millään metallilla, vaikka maksimipitoisuudet ovatkin tätä suurempia.

Taulukko 4-16. Moreenin kuningasvesiliukoiset taustapitoisuudet Sakatin alueella (GTK 2020).

Alkuaine		N	keskiarvo	mediaani	maksimi	SSTP	Kynnysarvo
Sb	mg/kg	55	0,07	0,07	0,21	0,14	2
As	mg/kg	55	1,93	1,56	5,65	3,4	5
Hg	mg/kg	55	0,01	0,01	0,03	0,027	0,5
Cd	mg/kg	55	0,03	0,02	0,08	0,043	1
Co	mg/kg	217	15,44	15,24	35,9	28	20
Cr	mg/kg	199	150,42	129,08	645	260	100
Cu	mg/kg	216	36,82	35,67	100,15	80	100
Pb	mg/kg	55	2,16	2,13	4,14	3,8	60
Ni	mg/kg	203	71,28	59,83	383	150	50
Zn	mg/kg	217	27,63	26	82,23	55	200
V	mg/kg	217	63,16	61,53	124,17	99	100
Tl	mg/kg	52	0,05	0,03	0,3	0,1	-
B	mg/kg	55	1,58	1,5	3,03	3,4	-
Ba	mg/kg	217	39,63	39,29	127,59	80	-
Mo	mg/kg	55	0,27	0,22	0,71	0,62	-
Se	mg/kg	55	0,27	0,23	0,64	0,62	-
Sn	mg/kg	51	0,34	0,33	0,52	0,44	-
Be	mg/kg	55	0,21	0,2	0,58	0,39	-
Au	mg/kg	51	0	0	0,04	0,0036	-
Pd	mg/kg	51	0	0	0	0,0003	-
Pt	mg/kg	51	0	0	0,01	0,0025	-

4.4 Muut jätteet kuin kaivannaisjätteet

Kaivosalueella tulee muodostumaan erilaisia jätteitä tavanomaisesta talousjätteestä erilaisiin vaarallisiin jätteisiin (jäteöljyt, kemikaalit yms.) Jätteet kuitenkin toimitetaan jatkokäsittelyyn tai kierrätykseen jo kaivoksen toiminnan aikana. Sulkemistoiminnassa syntyy myös purkujätettä.

Vesienkäsittelyn sakka on ainoa mahdollisesti alueelle jäävä ei-kaivannaisjäte. Sakan laadusta ei ole toistaiseksi käytettävissä karakterisointitietoja, mutta sakka tulee edustamaan kaivosalueen toiminnan aikana muodostuvissa vesilaaduissa edustettuina olevia metallipitoisuuksia ns. konsentraattina

16.11.2020

ja sakan odotetaan siksi luokittuvan vaaralliseksi jätteeksi. Sakalle on kaavailtu eri sijoitusvaihtoehtoja, kuten läjittäminen yhdessä korkearikkisen rikastushiekan kanssa yhdistettynä käyttöön pastan valmistuksessa tai hyötykäyttö osana rikastetta. Ratkaisu tehdään jatkoselvitysten pohjalta.

4.5 Jätteiden ja jätealueiden tuleva luokittelu

Kaivannaisjätteet ja muut kaivosalueen jätteet luokitellaan ympäristölupavaiheessa jätehuolto-suunnitelman laadinnan yhteydessä. Sulkemisen jälkeen jätealueista on jäljellä ainoastaan matalarikkisen rikastushiekan jätealue, johtuen muiden materiaalien käyttämisestä louhostäyttöissä ja aluerakentamisessa. Alustavasti arvioidaan seuraavaa:

Sivukivet edustavat ei-pysyvää ja ei-vaarallista kaivannaisjätettä (Vna 190/2013, liite 1). Jätenumeroksi tulee 01 01 01 – metallimineraalien louhinnassa syntyvät jätteet (Vna 179/2012, liite 4). Toiminnan aikainen jätealue luokituu muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi.

Rikastushiekat (matalarikkinen ja korkearikkinen) edustavat todennäköisesti vaarallista kaivannaisjätettä, kategorian HP14 perusteella (ympäristölle vaarallinen, alakategoria *Aquatic chronic*). Matalarikkisen rikastushiekan osalta luokittelu tullaan kuitenkin vielä tarkistamaan jätehuoltosuunnitelman laadinnan yhteydessä. Luokituksen tarkistustarve liittyy nikkelin ja kromin kokonaispitoisuuksiin ja esiintymismuotoon, joiden liukoisuus sinänsä on vähäistä. Matalarikkisen rikastushiekan jätenumeroksi tulee 01 03 05* - muut rikastushiekat, jotka sisältävät vaarallisia aineita tai 01 03 06 – muut kuin nimikkeissä 01 03 04 mainitut rikastushiekat. Korkearikkinen rikastushiekka tulee luokitumaan jätenumerolle 01 01 04* - sulfidimalmin käsittelyssä syntyvät happoa muodostavat rikastushiekat. Korkearikkisen rikastushiekan varastoallas luokituu vaarallisen jätteen osuuden perusteella suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Todennäköisesti myös matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalue luokituu suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi. Luokitukseen suoraan tai välillisesti vaikuttavia tekijöitä ovat kuitenkin myös rikastuksen prosessivaihtoehto ja läjitystapavaihtoehto. Ratkaisujen varmistuessa voidaan määrittää lopullinen jäte-luokitus sekä vahingonvaara-arvio.

Pintamaat voidaan mahdollisesti luokitella pysyväksi kaivannaisjätteeksi niiltä osin kuin pitoisuus ei ylitä suurinta suositeltua taustapitoisuutta (SSTP), muilta osin ei-pysyväksi ja ei-vaaralliseksi. Nikkelipitoisuus saattaa soveltua moreenien luokitteluperusteeksi käytännössä. Nikkelin käyttö luokitteluperusteena tarkoittaisi sitä, että voidaan olettaa, ettei muita haitta-aineita todennäköisesti esiinny kaivostoimintojen alueella yleisesti ja merkittävässä määrin sellaisissa moreeneissa, joissa nikkelipitoisuus on alhainen. Jätenumeroksi pintamaille tulee joka tapauksessa 01 01 01 – metallimineraalien louhinnassa syntyvät jätteet. Mikäli pintamaiden erottelua kemiallisin perustein kahdeksi eri sijoitusalueeksi ei suoriteta, toiminnan aikainen jätealue luokituu muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi.

Vesienkäsittelyn sakka ei luokitu kaivannaisjätteeksi. Eräs mahdollinen jätenumero on 19 08 13* - teollisuuden jätevesien muussa käsittelyssä syntyvät lietteet, jotka sisältävät vaarallisia aineita. Kyseessä oletetaan olevan vaarallinen jäte. Tullaan kuitenkin selvittämään, voidaanko tämä jätefraktio osoittaa suoraan hyötykäyttöön (metallinjalostus), jolloin sijoituspaikkaa ei välttämättä tarvittaisi. Tältä osin tullaan tarkastelemaan myös läjitystä korkearikkisen rikastushiekan kanssa, joka tarkoittaisi myös käyttöä pastan valmistuksessa.

16.11.2020

5 Veden laadut

5.1 Rikastushiekka-alueen päästöparametrit sulkemisen jälkeen

Päästöparametrit läjityksille sekä maanalaiselle kaivokselle on laatinut SRK Consulting (2019a). Arviot perustuvat kosteuskammiokokeiden tuloksiin eri materiaaleista, massatase- ja olosuhdeskaalatuna sekä tasapainotettuna mineraali- ja kaasufaaseihin. Pastatäytön osalta kosteuskammiokoe korvattiin monoliitin liukoisuustestauksella. Arviot on laskettu päävaihtoehto VE1:n olosuhdetekijöillä, mutta myös päävaihtoehtoissa VE2 ja VE3 oletetaan samojen haitta-aineiden olevan keskeisessä roolissa.

Massatase on laskettu seuraavalla yhtälöllä:

$$C_i = (r_i \cdot R_m) / Q_i$$

Yhtälössä lyhenteet tarkoittavat seuraavaa:

C_i on laskennallinen konsentraatio suotovedessä,

r_i edustaa viikkoliuos päästöä mg/kg/vk,

R_m edustaa reaktiivisen massan osuutta kokonaismassasta ja

Q_i edustaa veden imeytymistä massaan.

Suljetulle rikastushiekka-alueelle käytettiin myös seuraavia kosteuskammiokokeen tulosten skaalauskerroimia: raekoko 70 %, huuhtoutumiselle säännöllisesti altistuva osuus 10,4 %, peitteen ja kanavoitumisen vaikutus 5 % sekä lämpötila laskettuna Arrheniuksen yhtälöstä 4,51 %.

Poiketen kuivaläjäytysvaihtoehdosta, märkäläjäytysvaihtoehdon sulkemisen jälkeistä veden laatua ei ole vastaavasti muodostettu koetuloksista skaalamalla ja mallintamalla. Märkäläjäytysvaihtoehdoille veden laatu on johdettu kuivaläjäityksen valmiista (SRK 2019a) päästöparametreistä ja prosessiveden laadusta. Johtaminen on suoritettu seuraavin oletuksin:

a) Rikastushiekka-alueen yläosassa muodostuu koko tuotannon ajan samoja hapettumistuotteita ja tapahtuu jokseenkin samankaltaista saostumista kuin kuivaläjäityksessä. Vedenkylläistämät olosuhteet rajoittavat hapettumisreaktiota syvemmällä läjityksessä. Hapettuvan vyöhykkeen paksuus on puolet kuivaläjäityksen hapettuvasta vyöhykkeestä.

b) Johtuen lietteen alhaisemmasta kiintoainepitoisuudesta verrattuna suodatettuun rikastushiekkaan, märkäläjäityksessä prosessivesi vaikuttaa huokosveden laatuun kuivaläjäitystä voimakkaammin ja sulkemisen jälkeisinä ensimmäisinä vuosina rikastushiekan huokostilassa on runsaasti prosessivettä.

Märkäläjäityksen veden laatu käsitellään alkuvaiheessa prosessiveden kaltaisena, lisäten kuitenkin vastaavia hapettumistuotteita kuin rikastushiekan kuivaläjäityksessä (0,5 x kuivaläjäityksen veden laatu). Pitkällä aikavälillä märkäläjäityksen veden laadun oletetaan muistuttavan (huolimatta eroista tuotannon aikaisissa hapettumisolosuhteissa) enemmän kuivaläjäityksen suotoveden laatua (kuivaläjäityksen vedenlaatu + 0,2 x prosessivesi). On huomattava, että laskutapa modifioi jo tasapainomallinnettua aineistoa eikä lopputuloksessa huomioida veden tasapainottumista kaasu- ja mineraali-faasien kanssa. (Taulukko 5-1)

16.11.2020

Taulukko 5-1. Suljettujen rikastushiekka-alueiden suotovedenlaadut eri vaihtoehtoissa ja eri aikajaksoilla.

		Prosessi- vaihtoehto 1 Kuiva-läjitys solu 1 suljet- tu, solu 2 käytössä	Prosessi- vaihtoehto 1 Kuiva-läjitys solut 1 ja 2 suljettu	Prosessi- vaihtoehto 2 Kuiva-läjitys solut 1 ja 2 suljettu	Prosessi- vaihtoehto 1 Märkä-läjitys suljettu, prosessi- veden pois- tuma-vaihe	Prosessi- vaihtoehto 1 Märkä-läjitys suljettu, pitkä aikavä- li	Prosessi- vaihtoehto 2 Märkä-läjitys suljettu, prosessi- veden pois- tuma-vaihe	Prosessi- vaihtoehto 2 Märkä-läjitys suljettu, pitkä aikavä- li
Alumiini	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,012	0,005	0,200	0,040
Antimoni	mg/l	0,004	0,0005	0,0000	0,001	0,001	0,010	0,002
Arseeni	mg/l	0,0004	0,0004	0,0000	0,2002	0,0404	0,0052	0,0013
Elohopea*	mg/l	0,00001	0,00001	0,00000	0,00002	0,00001	0,00002	0,00001
Fosfori	mg/l	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	1,4	0,4
Kadmium*	mg/l	0,0009	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001
Kalium	mg/l	290	30	30	50	40	40	30
Kalsium	mg/l	300	55	55	170	80	30	55
Kloridi	mg/l	350	40	40	320	100	150	60
Koboltti	mg/l	0,008	0,008	0,008	0,200	0,050	0,005	0,008
Kromi	mg/l	0,016	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
Kupari	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,210	0,043	0,003	0,001
Lyijy*	mg/l	0,0002	0,0001	0,0000	0,0003	0,0002	0,0011	0,0002
Magnesium	mg/l	570	60	60	160	80	40	60
Mangaani	mg/l	0,46	0,05	0,05	0,32	0,11	0,04	0,05
Natrium	mg/l	430	40	40	360	110	440	130
Nikkeli	mg/l	0,22	0,02	0,02	0,27	0,07	0,02	0,02
Rauta	mg/l	0,002	0,002	0,002	1,201	0,240	0,500	0,100
Sinkki	mg/l	0,013	0,001	0,001	0,009	0,003	0,031	0,007
Sulfaatti	mg/l	1030	130	100	1870	490	310	150
Typpi	mg/l	13,2	1,4	1,4	1,7	1,6	1,7	1,6

*) Kosteuskammioaineiston analyysitulokissa (SRK 2018, SRK 2019b) tyypillisesti alle määrittäysrajan. Laskennalliset pitoisuudet syötetiedoissa voivat vaikuttaa tulokseen.

Molemmissa läjitystapavaihtoehtoissa suotovesissä esiintyy lievästi kohonneina pitoisuuksina kloridia ja nikkeliä. Sulfaattia ja sinkkiä on läsnä jossain määrin, mutta eniten liittyen prosessivesijäämiin. Märkäläjitetyksen sulfaatti ja sinkki vähenevät prosessiveden poistuesssa, olettaen että riittävät sulkemistoimenpiteet on suoritettu.

16.11.2020

Pohjaveden ympäristölaatunormien (Vna 1040/2006 ja muutos 341/2009) on laskettu ylittävän rikastushiekka-alueen alapuolella kloorin, nikkelin ja sinkin osalta (SRK 2019a), mallinnettuna kuivaläjitysalueen parametreilla:

- Kloridi: solu 1 suljettu 78,6 mg/l (ympäristölaatunormi 25 mg/l)
- Kloridi: solut 1 ja 2 suljettu 78,6 mg/l (ympäristölaatunormi 25 mg/l)
- Nikkeli: solu 1 suljettu 0,012 mg/l (ympäristölaatunormi 0,01 mg/l)
- Nikkeli: solut 1 ja 2 suljettu 0,005 mg/l - ei ylitystä (ympäristölaatunormi 0,01 mg/l)
- Sinkki: solu 1 suljettu 0,19 mg/l (ympäristölaatunormi 0,06 mg/l)
- Sinkki: solut 1 ja 2 suljettu 0,19 mg/l (ympäristölaatunormi 0,06 mg/l)

Vastaavien pitoisuuksien voidaan olettaa olevan koholla myös märkäläjäityksen alapuolisessa pohjavedessä. Vaikutus voi olla jossain määrin kuivaläjitystä korkeampi huomioiden korkeamman gradientin rikastushiekka-alueen vesipinnan ja ympäröivän alueen välillä, erityisesti kuitenkin sulkemisen jälkeisinä vuosina, jolloin veden pinta märkäläjitysalueella ei ole vielä laskeutunut tasapainotilaansa. Rikastushiekka-alueen tiiviit pinta- ja pohjarakenteet estävät myös sadeveden imeytymistä pohjaveteen ja vähentävät siten osaltaan pohjaveden virtausta. Pitoisuuksien ollessa suhteellisen alhaisella tasolla jopa läjitysten alapuolella ja pohjaveden liikkeen alueelta ympäristöön maltillista, voidaan myös mittavia haitta-aineiden kulkeutumiseen liittyviä haittoja pitää suhteellisen epätodennäköisinä.

Varsinaisia haitta-aineiden kulkeutumisskenaariota ei ole toistaiseksi laskettu, vaan työ on suunniteltu tehtäväksi osana lupavaiheen sulkemissuunnitelman numeerisia tarkasteluja.

5.2 Maanalaisen kaivoksen päästöparametrit sulkemisen jälkeen

Maanalaisen kaivoksen veden laatuun vaikuttavat maanalaisten tilojen pinnat, mukaan lukien louhostäyttönä käytetty sivukivi sekä rikastushiekasta valmistettu louhostäyttönä käytetty pasta. Kaivoksen toiminnan aikana maanalaisissa tiloissa on hapettavat olosuhteet ja tiloissa muodostuu rapautumistuotteina sekundäärimineraaleja, joista osa on suhteellisen liukoisia suoloja. Osa näistä suoloista liukenee kaivokseen tulevaan kalliopohjaveteen kaivostoiminnan aikana ja maanalaiset tilat täyttävään veteen sulkemisen jälkeen.

Maanalaisen kaivoksen veden laatua sulkemisen jälkeen on selvitetty skaalaamalla kosteuskammiokokeen tuloksia laboratorio-olosuhteista kenttäolosuhteisiin. Reaktiivisen massan määrän arvioinnissa on huomioitu eri materiaalityypit louhostiloissa sekä kallion rakoilleen pintaosan paksuus ja tiheys. Lisäksi on huomioitu kiven pintaosiin muodostuva ohut hapettunut vyöhyke. Pastatäytön oletetaan muodostavan reaktiivisen pinnan liitoskohdassa kallioseinämää. (SRK Consulting 2019a)

Maanalaisen kaivoksen veden laatu (SRK Consulting 2019a) sulkemisen jälkeen kuvataan alla (Taulukko 5-2). Ympäröivän ylemmän kalliopohjaveden laadusta poikkeavat merkittävimmin tyyppi ja nikkeli, kumpikin ensimmäisinä vuosina kaivoksen sulkemisen jälkeen. Kaivoksen täyttymisen edetessä metallipitoisuudet vedessä laskevat, sillä seinämistä ja louhostäytöistä yhä pienempi osuus toimii reaktiivisena massana vedellä kyllästyneen tilan osuuden kasvaessa.

Jos vertailukohtana käytetään ympäristölaatunormeja (Vna 1040/2006 ja muutos 341/2009), suljetun kaivoksen sisäisessä veden laadussa esiintyy kohonneina pitoisuuksina antimonია, elohopeaa,

16.11.2020

kadmiumia, kloridia, kobolttia, kromia, nikkeliä ja sulfaattia. Näistä kuitenkin kloridi, sinkki ja sulfaatti ovat luontaisestikin laatunormia korkeammalla tasolla alueen ylemmässä kalliopohjavedessä. Lisäksi tulee huomioida, että maanalaisen louhoksen ylempi osa injektoidaan tiiviiksi tuotannon aikaisen pohjavesialeneman minimoimiseksi. Näin ollen myös sulkemisen jälkeen kaivosveden kulkeutuminen ympäröivän alueen pohjavesiin jää hyvin vähäiseksi. Ilman voimakkaita virtauksia suolapitoisemmalla vedellä on taipumus kerrostua syvänteisiin, myös maanalaisissa tiloissa.

16.11.2020

Taulukko 5-2. Maanalaisen kaivoksen veden laadun minimi- ja maksimiarvot alkuvuosina sulkemisen jälkeen (eli vuosina 25-64 toiminnan alkamisesta) sekä 180 vuotta toiminnan alkamisen jälkeen. Paksunnetulla tekstillä viitataan pitoisuuksiin, jotka ylittävät ylemmän kalliopohjaveden taustapitoisuuden.

			Suljetun maalaisen kaivoksen veden laatu MIN (vuodet 25-64 toi- minnan alkamisesta)	Suljetun maalaisen kaivoksen veden laatu MAX (vuodet 25-64 toi- minnan alkamisesta)	Alkuvuosien trendi sulkemisen jäl- keen (vuodet 25-64 toiminnan alkamisesta)	Suljetun maalaisen kaivoksen veden laatu (vuosi 180 toiminnan alkamisesta)	Nykyinen ylempi kallio- pohjavesi	Nykyinen alempi kallio- pohjavesi	Ympäristön- laatonormi pohja-vedelle 1040/2006 ja muutos 341/2009
	pH		7,4	7,5	lievästi nouseva		7,6	7,6	
Alumiini	Al	mg/l	0,001	0,002	ei selkeää trendiä	0,004	0,07	0,07	
Antimoni	Sb	mg/l	0,002	0,006	laskeva	0,003	0,0002	0,0005	0,0025
Arseeni	As	mg/l	0,00001	0,00003	ei selkeää trendiä	0,00002	0,001	0,0007	0,005
Elohopea*	Hg	mg/l	0,0002	0,00005	laskeva	0,00008	0,000002	0,000002	0,00006
Fosfori	P	mg/l	0,06	0,22	laskeva	0,09	0,02	0,02	
Kadmium*	Cd	mg/l	0,0004	0,02	laskeva	0,0007	0,00003	0,00007	0,0004
Kalium	K	mg/l	65	165	laskeva	80	6	280	
Kalsium	Ca	mg/l	220	330	lievästi laskeva	230	40	1670	
Kloridi	Cl	mg/l	750	800	ei selkeää trendiä	680	80	7470	25
Koboltti	Co	mg/l	0,002	0,012	laskeva	0,002	0,0008	0,0004	0,002
Kromi	Cr	mg/l	0,006	0,02	laskeva	0,009	0,001	0,0009	0,01
Kupari	Cu	mg/l	0,008	0,015	laskeva	0,008	0,01	0,15	0,02
Lyijy*	Pb	mg/l	0,0001	0,0003	laskeva	0,0002	0,0002	0,0004	0,005
Magnesium	Mg	mg/l	170	180	ei selkeää trendiä	160	16	1820	
Mangaani	Mn	mg/l	0,3	0,3	ei selkeää trendiä	0,3	0,2	1,4	
Natrium	Na	mg/l	380	450	ei selkeää trendiä	360	50	3620	
Nikkeli	Ni	mg/l	0,03	0,6	laskeva	0,09	0,004	0,01	0,01
Rauta	Fe	mg/l	0,0005	0,0006	ei selkeää trendiä	0,0005	0,69	0,7	
Sinkki	Zn	mg/l	0,2	0,2	lievästi nouseva	0,2	0,2	0,5	0,06
Sulfaatti	SO ₄	mg/l	210	410	laskeva	240	49,5	1220	150
Typpi	N _{tot}	mg/l	5	20	laskeva	8	0,1	0,2	

*) Kosteuskammioaineiston analyysituloksissa (SRK 2018, SRK 2019b) tyypillisesti alle määrittäysrajan. Laskennalliset pitoisuudet syötetiedoissa voivat vaikuttaa tulokseen.

16.11.2020

5.3 Tarvekilouhos sulkemisen jälkeen

Tarvekilouhokseen sulkemisen jälkeen muodostuvalle ei ole vielä laadittu numeerista päästöparametriaarviota. Louhosjärven veden laatuun vaikuttavat louhokseen virtaavat pohjavedet, sadevesi sekä louhoksen mineraalipinnat. Kaivoksen toiminnan aikana louhosseinämissä vallitsevat hapettavat olosuhteet. Louhosseinämissä on uloimpana louhinnan seurauksena rikkonaisemmassa tilassa oleva vyöhyke, sisältäen myös jonkin verran hienoainesta. Tuotannon aikana tarvekilouhoksessa muodostuu jonkin verran sekundäärimineraaleja, joista osa on suhteellisen liukoisia suoloja. Osa näistä suoloista liukenee louhokseen tulevaan veteen toiminnan aikana ja louhoksen täyttävään veteen sulkemisen jälkeen.

Tarvekilouhoksen seinämämateriaalien oletetaan heijastelevan tarvekiven ominaisuuksia. GTK:n (2019) suorittaman mineralogisen tarkastelun perusteella näytteiden kivilaji oli mafinen vulkaniitti, ja päämineraaleina ovat amfiboli ja plagioklaasi. Amfibolia on enimmillään 92 %. Useissa näytteissä on biotiittia. Kiisumineraaleista edustettuna ovat rikkikiisu (max 0,5 %), magneettikiisu (max 0,4 %) ja kuparikiisu (max 0,2 %). Karbonaattia havaittiin osassa näytteitä.

Rikin kokonaispitoisuuden mediaani on 0,03 % (minimi 0,02 %, maksimi 0,39 %, keskiarvo 0,1 %, N=7). Sulfidisen rikin pitoisuudet ovat vähäisempiä: neljässä seitsemästä näytteestä sulfidisen rikin pitoisuus jäi alle määritysrajan. Korkeimmillaan sulfidisen rikin pitoisuus oli 0,12 %. Neutralointipotentiaalisuhde vaihtelee välillä 6,2 -19,3. Metalleista merkittävin on kupari (Taulukko 5-3), joka esiintyy osittain kiisumuodossa (GTK 2019). On kuitenkin huomioitava, että kiviaineksen keskeiset mineraalit amfiboli ja biotiitti ovat silikaatteja, joissa kuparia yleisesti esiintyy (Wedepohl 1978).

Louhosjärven vedessä voi esiintyä vähäisissä määrin kohonneita kuparipitoisuuksia, mikä tulee näkymään selvimmin louhosjärven täyttymisvaiheessa, kun veteen liukenee tuotannon aikaisia rapautumistuotteita. Kiviaineksen alhainen sulfidipitoisuus ei mahdollista korkeita sulfidien hapettumisesta johtuvia kuparipitoisuuksia. Veden pH asettuu neutraalin tuntumaan, mikä ehkäisee kuparin liukoisuutta ja kulkeutumista. Kuparia poistuu vedestä mm. rauta- ja mangaanisaostumiin ja hienoainekseen kiinnittyneenä. Louhosjärven täytyttyä kuparin vapautuminen hapettumisen kautta vähenee merkittävästi ja pitoisuus alkaa alentua vähitellen. Louhosjärven mahdollisen kerrostumisen myötä kuparipitoisuus vähenee louhosjärven pintaosissa ja esiintyy ensisijaisesti syvänteessä.

Taulukko 5-3. Tarvekiven metallipitoisuuksia.

	Sb	As	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PIMA kynnysarvo	2	5	1	20	100	100	60	50	200	100
PIMA alempi ohjearvo	10	50	10	100	200	150	200	100	250	150
PIMA ylempi ohjearvo	50	100	20	250	300	200	750	150	400	250
SSTP *	0,16	5,6	0,05	25	280	72	3,7	150	52	98
Alueellinen MAX**	0,21	5,65	0,08	36	645	100	4,1	383	99	124
Tarvekivi MIN	0,04	0,4	0,03	12	19	137	0,5	20	29	77
Tarvekivi MAX	0,11	0,7	0,09	28	27	418	0,9	43	49	98
Tarvekivi MED	0,05	0,6	0,05	16	26	216	0,7	27	32	88

*) 15 km säde, keskipisteenä Kuusivaara, suurimmat suositellut taustapitoisuudet (SSTP)

**) 15 km säde, keskipisteenä Kuusivaara, suurin pitoisuus moreenissa taustapitoisuusrekisterissä

16.11.2020

5.4 Sulkemissuunnittelussa erityisesti huomioitavat asiat

Paitsi kaivannaisjätteen laatu, niiden läjitystapa vaikuttaa todennäköisesti kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttämiseen. Sivukiveä ja maanpoistomaita pyritään läjittämään alueella ainoastaan väliaikaisesti, mutta toistaiseksi ei ole varmuutta kaiken kivi- ja maa-aineksen käyttämisessä rakentamisessa. Myös korkearikkinen rikastushiekka hyödynnetään pastatäytön raaka-aineena kaivostöiminnan edetessä maan alle louhostäyttöihin. Kaikki nämä sijoitusalueet puretaan sulkemisen yhteydessä. Huomioiden väliaikaisesti läjitettävien kiviainesten laadun (korkearikkinen rikastushiekka ja sivukivet), hyvä käytäntö on varmistaa alapuolisen maaperän tila sulkemisen yhteydessä, vaikka alueilla sovelletaankin asianmukaisia pohjarakenteita sekä suotovesien talteenottoa.

Pastatäytön kanssa kosketuksissa oleva vesi vaikuttaa alustavan arvion perusteella omaavan suhteellisen alhaiset metallipitoisuudet, mutta sen pH on hyvin korkea. Päästöparametrien laskennan ja mallinnuksen tuloksissa pastan vaikutus ei kuitenkaan näytty merkittävänä, vaan kaivosvesi on lievästi neutraalin pH:n yläpuolella. Louhosseinämät ja louhostäyttöihin sijoitettava sivukivi aiheuttavat metallipitoisten neutraalien vesien muodostumista maanalaisissa tiloissa. Koska sulfideista vapautuviin metalleihin kuuluu mm. nikkeli, joka pysyy hyvin liukoisena neutraalin pH:n tuntumassa, neutraali pH ei estä metallipitoisten vesien muodostumista maanalaisessa kaivoksessa.

Kaivosvedessä esiintyy kohonneina pitoisuuksina antimonia, kloridia, kobolttia, kromia, nikkeliä ja sulfaattia. Näistä kloridi, sinkki ja sulfaatti ovat luontaisestikin laatunormia korkeammalla tasolla alueen ylemmässä kalliopohjavedessä. Lisäksi tulee huomioida, että maanalaisen louhoksen ylempi osa injektoidaan tiiviiksi tuotannon aikaisen pohjavesialeneman minimoimiseksi. Näin ollen myös sulkemisen jälkeen kaivosveden kulkeutuminen ympäröivän alueen pohjavesiin jää hyvin vähäiseksi. Ilman voimakkaita virtauksia suolapitoisemmalla vedellä on taipumus kerrostua syvänteisiin, myös maanalaisissa tiloissa.

Matalarikkinen rikastushiekan sulfidisen rikin pitoisuus on hyvin alhainen (>0,3 %) ja hiekan neutralointipotentiaali on korkea 46 kg CaCO₃/t (SRK 2018b). Materiaalissa esiintyy sulfideihin sitoutuneita metalleja, mutta esimerkiksi kosteuskammiokeessa niiden vapautuminen on varsin maltillista. On kuitenkin huomioitava, että neutralointikyky ei estä niiden metallien liikkuvuutta, joiden optimaalinen saostumis-pH on korkea.

Kun huomioidaan materiaalin hienojakoisuus, erityisen tehokasta sulfidien hapettumista tuskin pääsee tapahtumaan, koska hapen diffundoituminen materiaaliin on hidasta. Hidas hapen diffundoituminen materiaaliin lienee kyseessä sekä kuiva- että märkäläjäityksessä, mutta märkäläjäityksessä sitä vähentää myös vedellä kyllästyminen. Odotettavissa lienee korkeintaan lievä neutraali metallipitoinen valuma. Rikastushiekan–suotovesissä esiintyy lievästi kohonneina pitoisuuksina kloridia ja nikkeliä. Myös sulfaattia ja sinkkiä on läsnä jossain määrin, mutta eniten liittyen prosessivesijäämiin.

16.11.2020

6 Hankealueen sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellistäminen sekä sulkemisriskien ja -mahdollisuuksien tunnistaminen

Tässä kappaleessa käsitellään kaivostoimintojen alueen käsitteellistäminen ja jälkihoidettavan kohteen vuorovaikutussuhde ympäristöönsä. Lisäksi kuvataan käsitteellistämisen pohjalta sulkemiseen ja sulkemisen jälkeiseen tilaan liittyviä riskejä ja mahdollisuuksia.

6.1 Sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellinen kuvaus

Toiminta-alueen käsitteellistämällä pyritään havainnollistamaan jälkihoidettavan kohteen vuorovaikutussuhde ympäristöönsä. Tämä käsittää mahdollisten haitta-aineiden ja haittatekijöiden kulkeutumisreittien alustavan tunnistamisen. Lisäksi käsitteellistämisessä avataan kaivoksen eri osien välisiä vuorovaikutuksia hankealueen sisällä.

Käsitteellinen malli toimii yhtenä sulkemisen tavoiteasettelun työkaluna. Sen avulla tunnistetaan paikkakohtaisesti kohteen sulkemisen jälkeiseen tilaan liittyvät mahdolliset haittavaikutukset, jotka sulkemissuunnittelun keinoin on pyrittävä ehkäisemään.

6.1.1 Sulkemisen jälkeisen tilan yleiskuvaus

Sakatin kaivosalueella oletetaan toiminnan päättymisen jälkeen olevan seuraavat osakohteet eri vaihtoehtoissa.

- Käytöstä poistuvat matalarikkisen rikastushiekka-alueet (VE1-VE3): kuivaläjitys tai märkäläjitys
- Sivukiven ja pintamaan läjitysalueet, mikäli kaikkea sivukiveä ja/tai pintamaata ei pystytä hyödyntämään rakentamisessa.
- Käytöstä poistuva teollisuusalue
- Tiestö ja voimalinjat
- Käytöstä poistuvat vesienkäsittelyalueet ja vesienkäsittelysakka-allas
- Maanalainen kaivos
- Tarvekilouhos

Kappaleessa 3.3 esitetään käsitteellinen mallikuva alueen pohjavesiolosuhteista ja pohjavesi-pintavesikontakteista. Alla esitetään kaivosalueen pintavesien ja pinnanläheisten pohjavesien luonnolliset virtaussuunnat karkeasti, korkeuserojen pohjalta. Tämä kuvaa karkeasti kaivosalueen sulkemisen jälkeisiä potentiaalisia vuorovaikutussuuntia ympäristön kanssa. Kallioperässä pohjaveden liikesuunnat voivat poiketa huomattavastikin pinnanläheisistä suunnista, joissa topografia vaikuttaa voimakkaasti.

6.1.2 Sulkemisen jälkeiset valumasuunnat eri vaihtoehtoissa

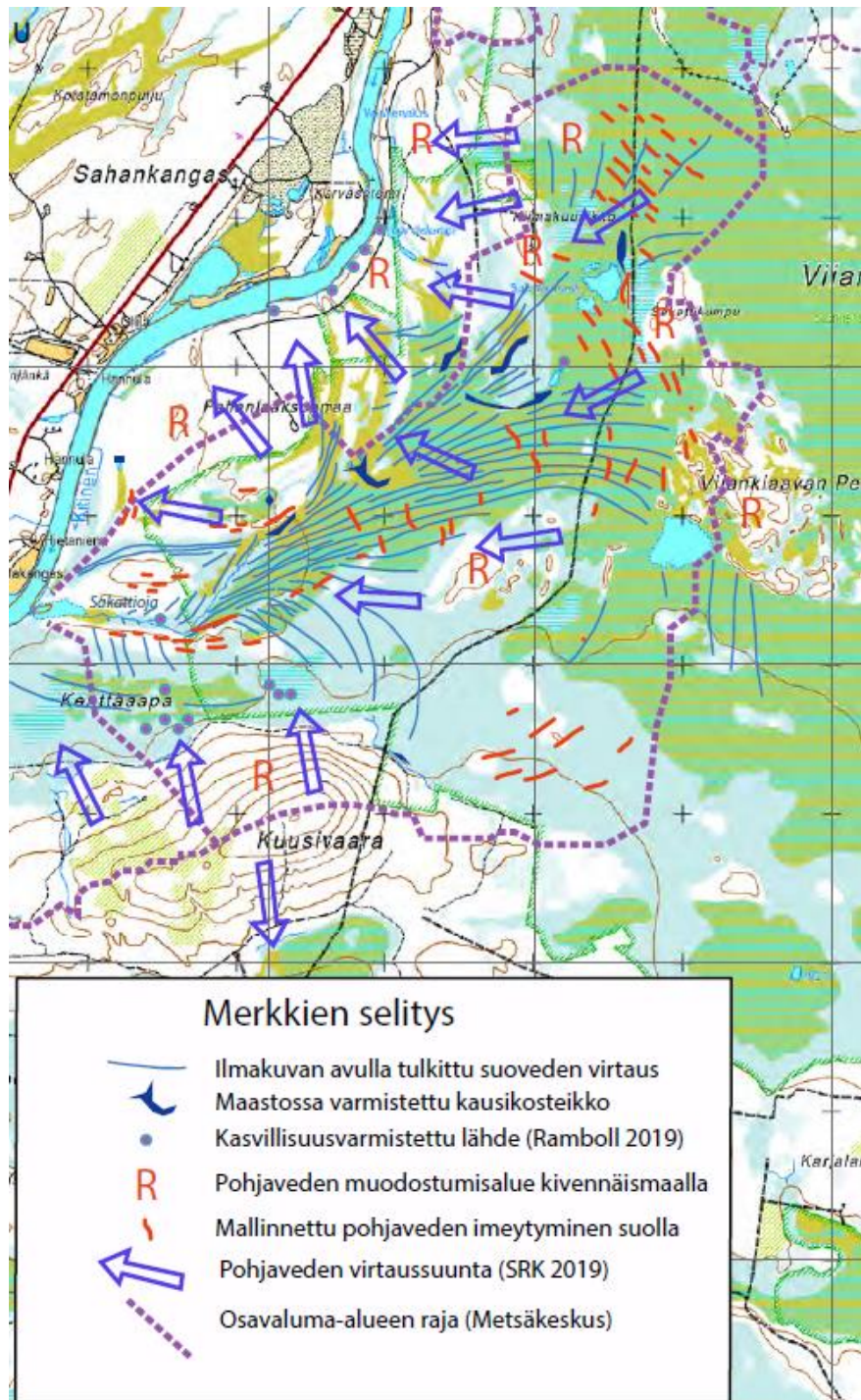
Hankealueen nykytilan hydrologiset ja hydrogeologiset olosuhteet soveltuvat joiltakin osin alustaksi myös sulkemisen jälkeisen tilan tarkasteluun. Alue muuttuu kaivostoiminnan ja sulkemisen jälkeen,

16.11.2020

alueella tulee olemaan vedellä täyttynyt maanalainen kaivos (sisältäen osin myös kiinteillä massoilla täytettyjä louhostiloja) ja tarvekivilouhinnan seurauksena muodostunut louhosjärvi. Rikastushiekka-alue taas muodostaa toisaalta gradienttia lisäävän elementin maastoon, mutta toisaalta pohjaveden muodostumista paikallisesti estävän pinnan.

Viiankiaavan länsiosa muodostaa oman osavaluma-alueensa, joka purkautuu kapeaa vyöhykettä (Sakattioja) pitkin Kitiseen. Kitisen jokilaakso, sisältäen mm. Pahanlaaksonmaan on oma osavaluma-alueensa, samoin Sakattiojan eteläpuoleinen jokivarsi. Kuusivaara muodostaa vedenjakajan ja sen eteläpuolella vedet purkautuvat pienten suoalueiden yhdistelmäalueelle. Myös itäisen Viiankiaavan vedet purkautuvat etelään. Havaintokuva nykytilan hydrologiasta esitetään alla (Kuva 36).

16.11.2020

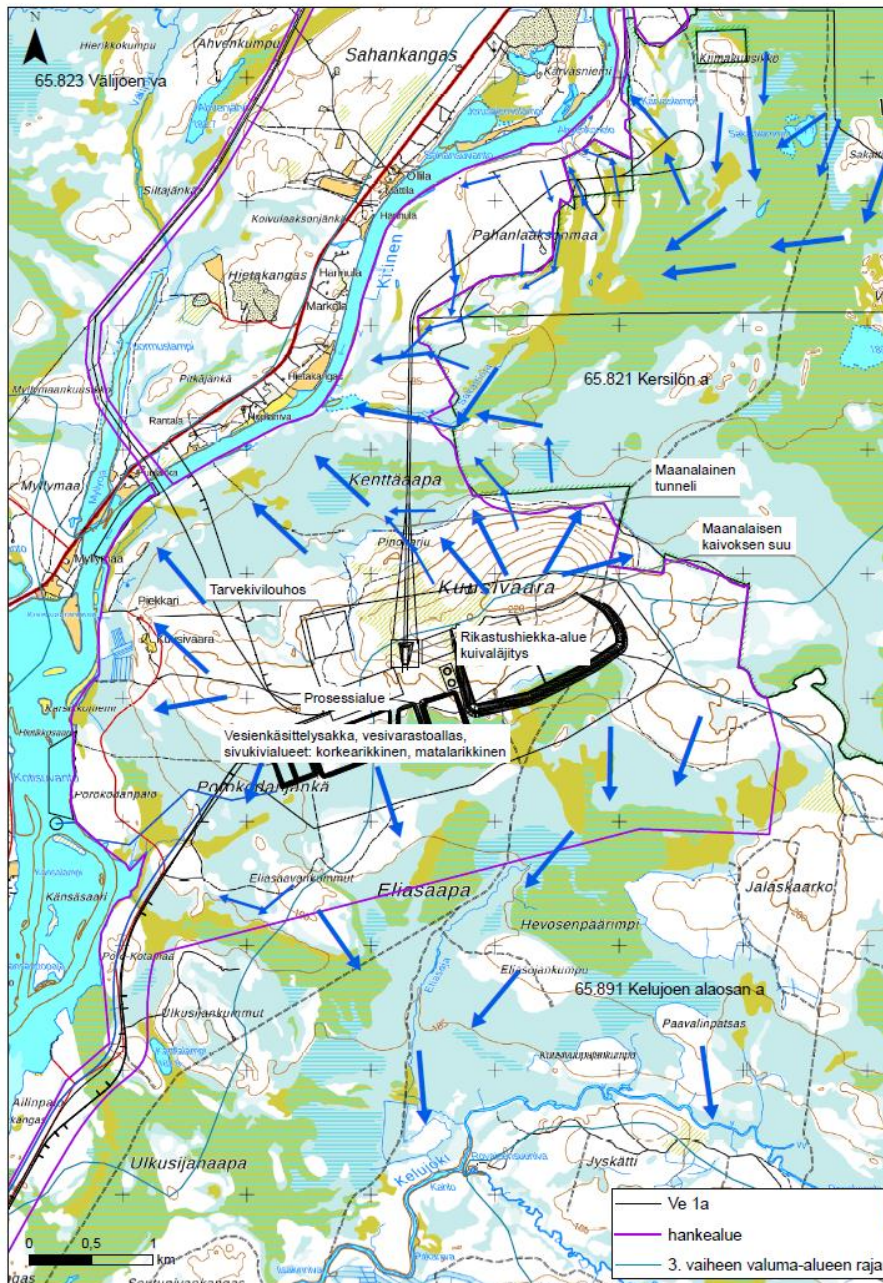


Kuva 36. Alueen hydrologinen ja hydrogeologinen nykytila, erityisesti Sakattiokan valuma-alue. (Salonen 2020).

Vaihtoehtoissa VE1(a-b) rikastushiekka-alueen kuiva- tai märkäläjäytys, matala- että korkearikkisen sivukiven sijoitusalueet, pintamaan sijoitusalueet sekä maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijaitsevat Kelujoen alaosan valuma-alueella (65.891). Vesivarastoallas, korkearikkisen rikastushiekan sekä

16.11.2020

vesienkäsittelysakan varastoallas sekä tarvekilouhos sijaitsevat Kersilön alueella (65.821). Rakennettu rikastushiekka-alue (erityisesti märkälajitus) korottaa gradienttia suhteessa ympäristöön, joten nykytilaan liittyvä valuma-aluejako ei välttämättä edusta täysin sulkemisen jälkeistä valuma-aluejakoa. Vähäisen suotautumisen mahdollisuutta itään (valuma-alue 65.892) ei siis voida sulkea pois, joskin se voidaan erityistoimenpiteillä minimoida (Kuva 37).



Kuva 37. Pintavesien ja pinnanlähteiden pohjavesien luonnolliset valumasuunnat vaihtoehdon VE1(a-b) mukaisessa layoutissa.

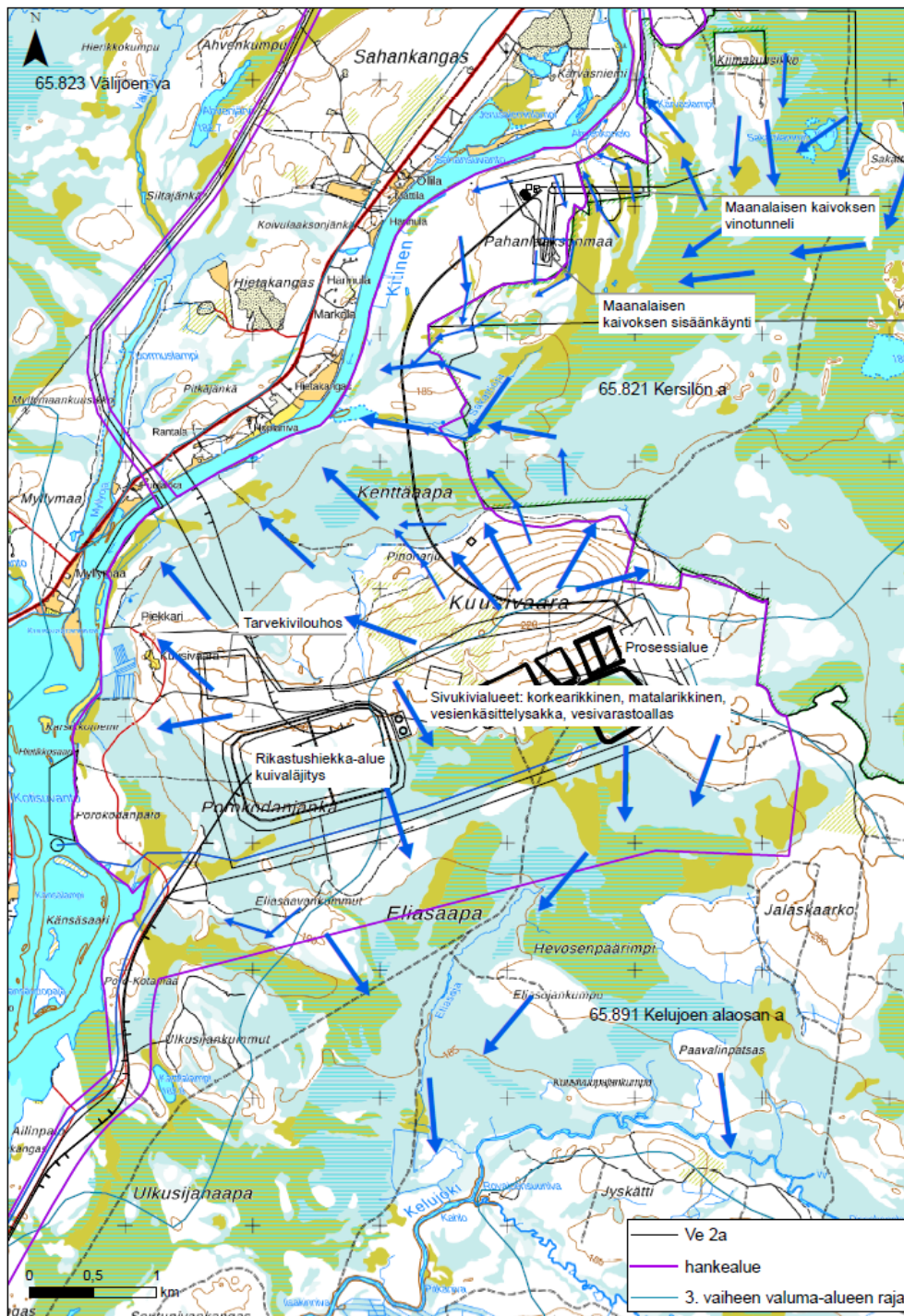
16.11.2020

Vaihtoehdossa VE2(a-b) (Kuva 63) pintamaan sijoitusalue, matala- ja korkearikkisen sivukiven sijoitusalueet, vesienkäsittelysakan ja korkearikkisen rikastushiekan varastoallas, vesivarastoallas sekä prosessialue sijaitsevat Kelujoen alaosan valuma-alueella (65.891). Kuiva- tai märkäläjitettävä rikastushiekka-alue sekä tarvekilouhos sijaitsevat pääosin Kersilön alueella (65.821), näistä rikastushiekka Kuusivaaran eteläpuolisella ja tarvekilouhos pohjoispuolisella mikrovaluma-alueella. Rakennettu rikastushiekka-alue (erityisesti märkäläjitys) korottaa gradienttia suhteessa ympäristöön, mutta tässä vaihtoehdossa nykytilan mukaista valuma-aluejakoa voidaan pitää toimivana myös sulkemisen jälkeiselle ajalle.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti on pohjoisempana ja kaivoksen sisäänkäynnin läheisyyteen on sijoitettu myös pastalaitos, kaivosvesien keräilyallas, ilmanvaihtoasema ja propaanipoltin sekä vaihtoehdossa VE2a nostotorni.

Pintavesien ja maanpinnan läheisten pohjavesien käyttäytymistä on kuvattu (konseptualisoitu) alla olevassa kuvassa (Kuva 38).

16.11.2020



Kuva 38. Pintavesien ja pinnanläheisten pohjavesien luonnolliset valumasuunnat vaihtoehdon VE2(a-b) mukaisessa layoutissa.

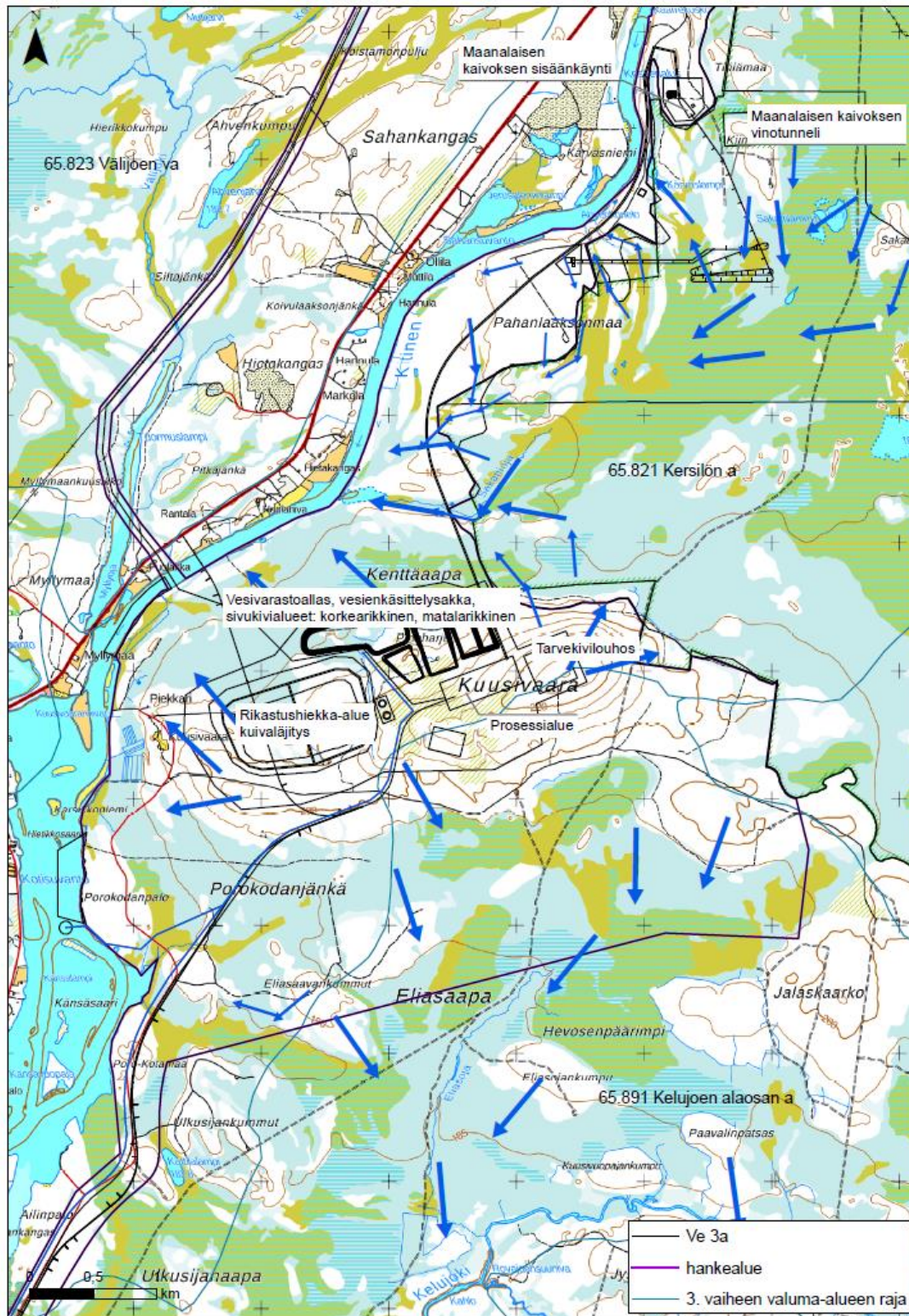
16.11.2020

Vaihtoehdossa VE(a-b) ainoastaan pintamaan läjitysalue sijaitsee Kelujoen alaosan alueella (65.891), muut toiminnot sijaitsevat Kersilön alueella (65.821). Rakennettu rikastushiekka-alue (erityisesti märkäläjitys) korottaa gradienttia suhteessa ympäristöön, joten sulkemisen jälkeisen suotautuman kulkeutumisreitti voisi suuntautua Kersilön valuma-alueen eri osiin (mikrovaluma-alueisiin) molemmilla puolilla Kuusivaaraa. On epävarmaa, voidaanko Kelujoen alaosan valuma-aluetta sulkea pois mahdollisen suotautuman vastaanottajana.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee edelleen vielä pohjoisemmassa. Vaihtoehdossa VE3a pastalaitos ja nostotorni sijaitsevat hieman etelämpänä kuin maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja vaihtoehdossa VE3b pastalaitos sijaitsee kaivoksen sisäänkäynnin vierellä. Kaivosvesien keräilyallas on kummassakin vaihtoehdossa samassa paikassa.

Pintavesien ja maanpinnan läheisten pohjavesien käyttäytymistä on kuvattu (konseptualistoitu) alla olevassa kuvassa (Kuva 39).

16.11.2020



Kuva 39. Pintavesien ja pinnanläheisten pohjavesien luonnolliset valumasuunnat vaihtoehdon VE3(a-b) mukaisessa layoutissa.

16.11.2020

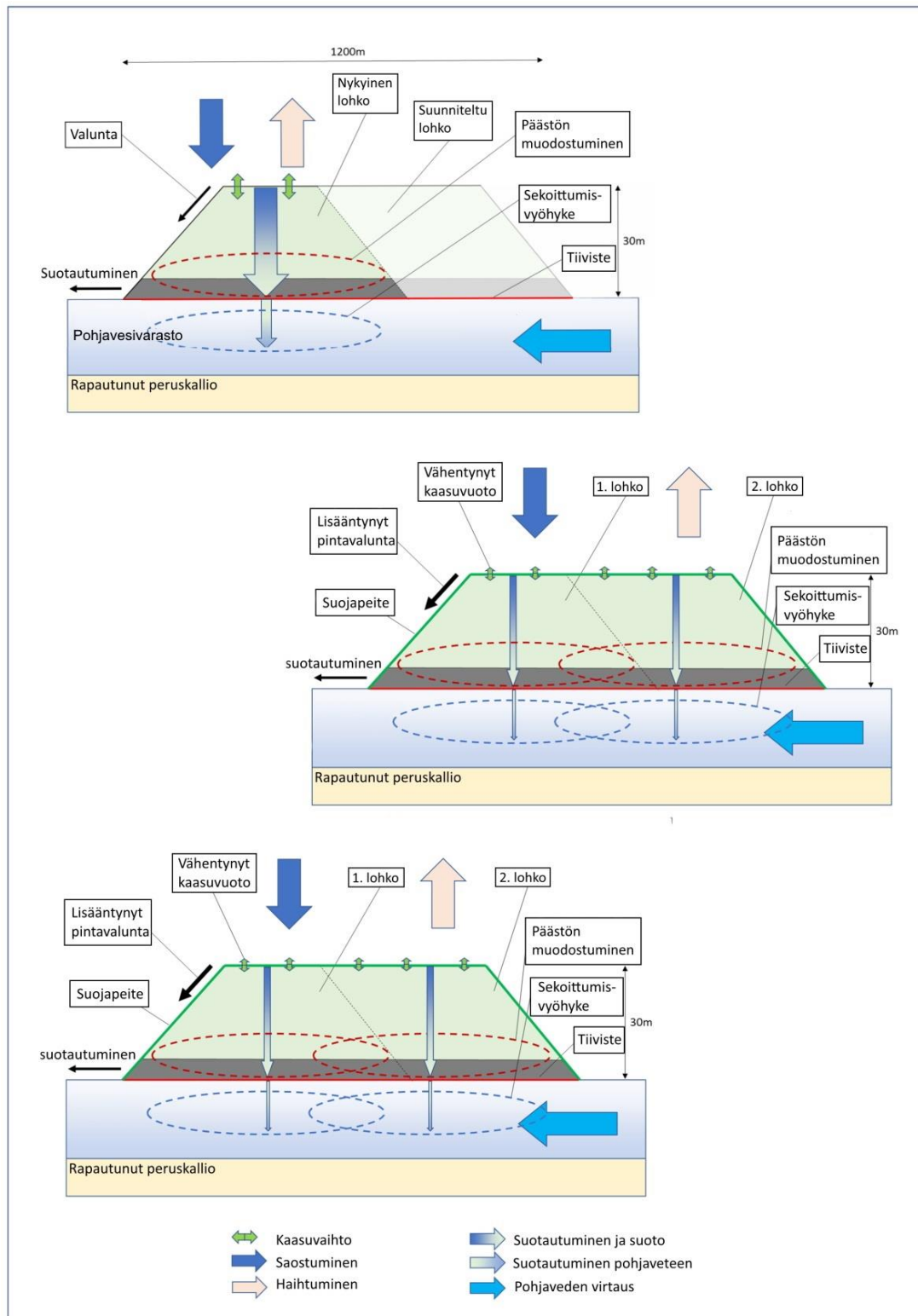
6.1.3 Vaiheittaisen sulkemisen käsitteellistäminen kuivaläjäytysvaihtoehdossa

Vaiheittaisella sulkemisella pyritään sekä pölypäästöjen että suotovesien määrän minimointiin. Jos-sain määrin pystytään myös rajoittamaan sulfidimineraalien hapettumista. Tosin matalarikkisen rikastushiekan sulfidipitoisuus on lähtökohtaisesti suhteellisen alhainen.

Vaiheittainen sulkeminen käsittää sekä patojen vaiheittaista sulkemista että läjityksen lakialueen vaiheittaista sulkemista. Läjityksen lakialueen sulkeminen tapahtuu kahdessa osassa. Lohko 1 suljetaan täytön valmistuttua kokonaan ja täytön siirtyessä lohkokoon 2. Patojen sulkeminen on joustavampaa.

Päästövaikutuksen muodostuminen ja suotovesivaikutusten hallinta esitetään käsitteellisenä kuvasarjana alla. (Kuva 40). Matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueen käsitteellistämisessä on oletettu, että tiivistä pohjarakenteesta huolimatta pieniä määriä vettä suotautuu pohjan läpi alapuoliseen pohjaveteen, mutta patoalueella suotovettä oletetaan purkautuu myös maan pinnan yläpuolelle.

16.11.2020



Kuva 40. Rikastushiekka-alueen (kuivaläjitys VE1-3a) vaiheittaisen sulkemisen konseptualisointi (SRK Consulting 2019a).

16.11.2020

6.2 Sulkemisvaiheen ja sulkemisen jälkeisten riskien tunnistaminen

Rikastushiekan läjityksen suunnittelun yhteydessä on suoritettu riskien arviointi, joka kuitenkin liittyy ensisijaisesti rakentamisen ja kaivostoiminnan aikajaksoille. Tarkastelluilla tekijöillä voi toisin olla vaikutuksia myös sulkemiseen. Tässä kappaleessa käsitellään ensisijaisesti sulkemiseen ja sulkemisen jälkeiseen aikaan liittyviä riskejä. Sulkemissuunnittelun edetessä seuraavissa työvaiheissa riskien tunnistaminen tarkentuu ja työ etenee riskinarviointiin. Tässä vaiheessa ei ole esimerkiksi tarkasteltu erikseen todennäköisyyttä ja vaikutusten vakavuutta. Alustava yhteenveto keskeisistä riskeistä esitetään alla (Taulukko 6-1).

Sulkemissuunnitelma on alustava ja tarkastelussa pyritään erityisesti vertailemaan YVA:ssa käsiteltäviä hankevaihtoehtoja sulkemisen aikana ja sulkemisen jälkeisessä tilanteessa. Tarkastelu on tehty vain karkealla tasolla ja vahvasti yksinkertaistetusti. Esimerkiksi haitta-aineiden kulkeutumisriskien osalta on oletettu kaikissa vaihtoehdoissa tasapuolisesti, että haitta-aineiden kulkeutumista voi periaatteessa aina tapahtua gradientin sallimaan suuntaan, vaikka todellisuudessa riskejä on lieventämässä monitahoisia mekanismeja.

Taulukko 6-1. Sulkemisen jälkeiseen aikaa liittyviä riskejä (alustava).

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
Vaihe 1. Aktiivinen sulkeminen				
1. Haitta-aineiden kulkeutuminen maanalaisesta kaivoksesta arvokkaille luontoalueille.		Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.
2. Haitta-aineiden kulkeutuminen maanalaisesta kaivoksesta Kitiseen ja jokilaakson pohjavesiin.		Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.
3. Haitta-aineiden kulkeutuminen tarvekivilouhoksesta arvokkaille luontoalueille.		Ei relevantti. Pinta- ja pohjavesivirtaus suuntautuvat edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pinta- ja pohjavesivirtaus suuntautuvat edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pinta- ja pohjavesivirtaus suuntautuvat edelleen kohti louhostiloja.
4. Sulfidimineraalien hapettumisen edistymisen toiminnan aikana: jätealueille varastoituvan helposti mobilisoituvan haitta-ainemäärän nousu	Matalarikkinen rikastushiekka: vaiheittainen peittäminen kuivaläjityksessä Korkearikkinen rikastushiekka ja matalarikkinen rikastushiekka märkäläjityksessä: vedenkylästävä tila	VE1-3a. Matalarikkinen rikastushiekan kuivaläjitys: Happivuon kuivaläjityksessä voi olla jonkin verran suurempi kuin märkäläjityksessä. Rikastushiekan hieno raekoko rajoittanee kuitenkin happivuon läjitykseen. Lisäksi vaiheittainen sulkeminen lyhentää sulfidimineraalien hapettumiseen tarvittavaa altistumisaikaa. On kuitenkin todennäköistä, että ainakin pitkään altistuvilla pinnoilla tapahtuu hapettumista ja hapettumistuotteita varastoituu läjitykseen jossain määrin, suhteellisen helposti mobilisoituvassa muodossa. Näitä poistuu läjityksestä myös sulkemistyön aikana ja peittämisen jälkeen, joskin läjitysprofiiliin ja sen osana toimivan peiterakenteen sallimissa rajoissa.		
		VE1-3b. Matalarikkinen rikastushiekan märkäläjitys: Rikastushiekan hieno raekoko ja vedenkylästävä tila rajoittavat happivuon läjitykseen. On kuitenkin todennäköistä, että kuivemmissa pintaosissa tapahtuu hapettumista ja hapettumistuotteita varastoituu läjitykseen jossain määrin, suhteellisen helposti mobilisoituvassa muodossa. Rikastushiekan suhteellisen korkea		

16.11.2020

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
		neutralointipotentiaali voi ehkä toimia erityisen tehokkaasti, sillä vedenkyllytämät olosuhteet eivät rajoita neutralointipotentiaalin toimintaa, vaikka ne rajoittavatkin hapontuoton toimintaa. Varastoituneita haitta-aineita poistunee erityisesti huokosveden poistuessa läjityksestä sulkemistyön aikaan.		
5. Vaikeudet sulkemisratkaisun suunnitelmien mukaisessa toteuttamisessa matalarikkisen rikastushiekan läjitykselle.	Kuivaläjitys: vaiheittainen peittäminen, tuotannon aikaiset tekniset kokemukset peittämisestä.	VE1.-3a. Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitys: Peittämiin liittyvien riskien arvioidaan olevan suhteellisen vähäisiä. Alueen muotoilu ja kantavuus ovat todennäköisesti hyvät heti tuotannon päättyessä ja toteutuksen testaaminen on ollut mahdollista jo tuotantovaiheessa.		
		VE1.-3b. Matalarikkisen rikastushiekan märkäläjitys: Alueen muotoilu kuperaksi vaatii massan siirtoja ja kovera ratkaisu (keskuslampi) vaatii pitkälläkin aikavälillä toimivan vedenpoistorakenteen. Myös yksisuuntaisesti kalteva vaihtoehto vaatii massan siirtoja jossain määrin. Haasteet liittyvät pitkälle veden poistoon lakialueelta. Myös kantavuuden saavuttaminen sulkemistyön suorittamista varten (erityisesti keskustassa) voi viedä huomattavasti aikaa. Tiiviskerroksen toteuttaminen saattaa olla haasteellista, sillä kaikkialla alueella peitteen alapuolisen kerroksen kantavuus ei ilman tukitoimia välttämättä riitä tiivistämiseen. Toisaalta tiiviskerroksen tarve saattaa osoittautua melko vähäiseksi huomioiden vedenkyllytämät olosuhteet suurimmassa osassa läjitystä.		
6. Haitta-aineiden kulkeutuminen rikastushiekka-alueelta arvokkaille luontoalueille.	Sijoituspaikka, pohjarakenteet, suotovesien kokoaminen, tarkkailu	Suhteellisen epätodennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä.	Suhteellisen epätodennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä.	Suhteellisen epätodennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä.
7. Haitta-aineiden kulkeutuminen rikastushiekka-alueilta Kitiseen tai jokilaakson pohjavesiin.	Sijoituspaikka, pohjarakenteet, suotovesien kokoaminen, tarkkailu	Mahdollinen riski (esim. maanrakennustöistä johtuvat muutokset ojastoissa tms.) pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohti Kelujokea ja Kitistä.	Mahdollinen riski (esim. maanrakennustöistä johtuvat muutokset ojastoissa tms.) pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohti Kitistä.	Mahdollinen riski (esim. maanrakennustöistä johtuvat muutokset ojastoissa tms.) pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohti Kitistä.
8. Haitta-aineiden kulkeutuminen sivukivialueilta herkkiin kohteisiin	Sijoituspaikka, pohjarakenteet, suotovesien kokoaminen, tarkkailu	Suhteellisen epätodennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiävaan suuntaan. Sivukiven ja pintamaan läjitysalueet, mikäli kaikkea sivukiveä ja/tai pinta-	Suhteellisen epätodennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiävaan suuntaan. Sivukiven ja pintamaan läjitysalueet, mikäli kaikkea sivukiveä ja/tai pintamaata ei	Suhteellisen epätodennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiävaan suuntaan. Kulkeutumisriski kuitenkin Kitisen suuntaan (huom. asutus).

16.11.2020

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
		maata ei pystytä hyödyntämään rakentamisessa.	pystytä hyödyntämään rakentamisessa.	
9. Haitta-aineiden kulkeutuminen sivukivi-alueilta herkkiin kohteisiin.	Sijoituspaikka, pohjarakenteet, suoto-vesien kokoaminen, tarkkailu, sivukivialueiden lopullinen purkaminen	Suhteellisen epätoennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohdistuu Porokodanjängän ja Eliasaavan suuntaan ja edelleen Keluon suuntaan.	Suhteellisen epätoennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohdistuu Eliasaavan suuntaan ja edelleen Keluon suuntaan.	Suhteellisen epätoennäköinen. Vesien aktiivinen kokoaminen on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohdistuu Kenttäaavan ja Kitisen suuntaan (huom. jokivarren asutus).
10. Haitta-aineiden kulkeutuminen vesienkäsitelyn alueilta herkkiin kohteisiin	Sijoituspaikka, pohjarakenteet, suoto-vesien kokoaminen, vesitaseen hallinta, tarkkailu	Suhteellisen epätoennäköinen. Vesien ja vesitaseen aktiivinen hallinta on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohdistuu Porokodanjängän ja Eliasaavan suuntaan ja edelleen Keluon suuntaan.	Suhteellisen epätoennäköinen. Vesien ja vesitaseen aktiivinen hallinta on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohdistuu Eliasaavan suuntaan ja edelleen Keluon suuntaan.	Suhteellisen epätoennäköinen. Vesien ja vesitaseen aktiivinen hallinta on edelleen käytössä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus kohdistuu Kenttäaavan ja Kitisen suuntaan.
11. Pölypäästöt arvokkaille luontoalueille.	Sulkemisratkaisujen rakentamisen pölyvimprien työvaiheiden välttäminen äärimmäisissä tuulioloissa	Mahdollinen sopivissa sääoloissa.	Mahdollinen sopivissa sääoloissa.	Mahdollinen sopivissa sääoloissa.
12. Pölypäästöt asutulle alueelle.	Sulkemisratkaisujen rakentamisen pölyvimprien työvaiheiden välttäminen äärimmäisissä tuulioloissa	Mahdollinen sopivissa sääoloissa.	Mahdollinen sopivissa sääoloissa.	Vallitsevissa tuulioloissa pölyn leviäminen asutulle alueelle on hieman todennäköisempää kuin muissa vaihtoehtoisissa.
13. Sortumat ja vaaralliset massavirrat.	Sijoituspaikka, stabiliteetti-tarkastelut, auditointi, tarkkailu. Vesien kokoaminen (ja pohjaveden pinnan säätely) käytössä Kuivaläjitys-vaihtoehtossa työ on osittain toteutettu jo toiminnan aikana.	Suuntautuminen Eliasaavalle ja Hevosensuuntaan ja edelleen Keluon suuntaan. VE1a. Kuiva ja kanta-va lähtötilanne ehkäisee merkittäviä sortumia aktiivisen jälkihoitotyön aikana	Suuntautuminen Porokodanjängän ja Kitisen suuntaan (huom. asutus). VE2a. Kuiva ja kanta-va lähtötilanne ehkäisee merkittäviä sortumia aktiivisen jälkihoitotyön aikana VE1b. Mahdollinen kohonnut riski jos	Suuntautuminen Kitisen suuntaan (huom. asutus). VE3a. Kuiva ja kanta-va lähtötilanne ehkäisee merkittäviä sortumia aktiivisen jälkihoitotyön aikana VE1b. Mahdollinen kohonnut riski jos

16.11.2020

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
		VE1b. Mahdollinen kohonnut riski jos patoja puretaan osin muotoilun/vesien johtamisen takia	patoja puretaan osin muotoilun/vesien johtamisen takia	patoja puretaan osin muotoilun/vesien johtamisen takia
Vaihe 2. Maanalaisten kaivosten ja tarvekilouhoksen täyttyminen vedellä				
1. Haitta-aineiden kulkeutuminen maanalaisesta kaivoksesta arvokkaille luontoalueille.		Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.
2. Haitta-aineiden kulkeutuminen maanalaisesta kaivoksesta Kitiseen ja jokilaakson pohjavesiin.		Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.	Ei relevantti. Pohjavesivirtaus suuntautuu edelleen kohti louhostiloja.
3. Haitta-aineiden kulkeutuminen tarvekilouhoksesta arvokkaille luontoalueille.		Ei relevantti. Pinta- ja pohjavesivirtaus suuntautuvat edelleen kohti louhosta.	Ei relevantti. Pinta- ja pohjavesivirtaus suuntautuvat edelleen kohti louhosta.	Ei relevantti. Pinta- ja pohjavesivirtaus suuntautuvat edelleen kohti louhosta.
4. Sulfidimineraalien hapettumisen edistymisen toiminnan aikana: jätealueille varastoituvan helposti mobilisoituvan haitta-ainemäärän nousu	Kuivaläjäytys: vaihteellinen peittäminen kuivaläjäityksessä Märkäläjäytys: vedenkylästävä tila	VE1-3a. Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjäytys: Rikastushiekan hieno raekoko on luultavasti rajoittanut happivuota läjitykseen tuotannon aikana. Lisäksi vaihteellinen sulkeminen on lyhentänyt sulfidimineraalien hapettumiseen tarvittavaa altistumisaikaa. On kuitenkin todennäköistä, että ainakin osassa läjitystä on tapahtunut hapettumista ja hapettumistuotteita on varastoitunut läjitykseen suhteellisen helposti mobilisoituvassa muodossa. Näitä poistuu läjityksestä myös peittämisen jälkeen läpivirtaaman myötä, joskin läjitysprofiiliin ja siihen kuuluvan peiterakenteen sallimissa rajoissa. VE1-3b. Matalarikkisen rikastushiekan märkäläjäytys: Rikastushiekan hieno raekoko ja vedenkylästävä tila ovat rajoittaneet happivuota läjitykseen merkittävästi jo tuotannon aikana. On kuitenkin todennäköistä, että kuivemmissa pintaosissa on tapahtunut hapettumista ja hapettumistuotteita on varastoitunut läjitykseen, suhteellisen helposti mobilisoituvassa muodossa. Rikastushiekan suhteellisen korkea neutralointipotentiaali on saattanut toimia erityisen tehokkaasti, sillä vedenkylästävät olosuhteet eivät rajoita neutralointipotentiaalin toimintaa, vaikka ne rajoittavatkin hapontuoton toimintaa. Näitä poistuu läjityksestä erityisesti tuotannonaikaisen huokosveden hitaan poistumisen myötä, myös peittämisen jälkeen, joskin läjitysprofiiliin ja siihen kuuluvan peiterakenteen sallimissa rajoissa.		
5. Vaikeudet peiterakenteen suunnitelmien mukaisessa toteuttamisessa.	Tarkkailu, erityisesti ensimmäisinä vuosina peiterakenteiden asentamisen jälkeen	VE1-3a. Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjäytys: Peitteessä voi esiintyä eroosio-ongelmia, erityisesti kasvittumisen ollessa vielä heikkoa. Mahdolliset eroosio-ongelmat liittyvät ensisijaisesti jäätymis-sulamissykleihin. VE1-3b. Matalarikkisen rikastushiekan märkäläjäytys: Riippuen valitusta vesienpoiston toteutustavasta (lakialueelta), esiintyy joko vähäisiä tai merkittäviä ylläpitotarpeita. Jäätymis-		

16.11.2020

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
		sulamissyklit voivat vaurioittaa myös vedenpoistoon tarkoitettuja muotoiluja tai rakenteita.		
6. Haitta-aineiden kulkeutuminen rikastushiekka-alueelta arvokkaille luontoalueille.	Sijoituspaikka, pohjarakenteet ja peiterakenteet	Suhteellisen epätoennäköinen. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiaapaa kohti. Kulkeutumisriski on kuitenkin mahdollinen, mutta alentunut, Eliasaavalle ja Hevosennäköiselle ja edelleen Kelujoen suuntaan.	Suhteellisen epätoennäköinen. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiaapaa kohti. Kulkeutumisriski on kuitenkin mahdollinen, mutta alentunut, Porokodanjängän ja Kitisen suuntaan (huom. asutus).	Suhteellisen epätoennäköinen. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiaapaa kohti. Kulkeutumisriski on kuitenkin mahdollinen, mutta alentunut, Kitisen suuntaan (huom. asutus).
7. Haitta-aineiden kulkeutuminen rikastushiekka-alueilta Kitiseen tai jokilaakson pohjavesiin.	Sijoituspaikka, pohjarakenteet ja peiterakenteet	Mahdollinen riski, pinta- ja pohjavesivirtaus kohti Kelujokea ja Kitistä.	Mahdollinen riski, pinta- ja pohjavesivirtaus kohti Kitistä.	Mahdollinen riski, pinta- ja pohjavesivirtaus kohti Kitistä.
8. Haitta-aineiden kulkeutuminen sivukivialueilta herkkiin kohteisiin.	Vesienkäsittelyn purkuvaihe (muut aktiiviset sulkemistyöt valmistuneet)	Mahdollinen riski, mikäli sivukivialue tai -alueet ovat jäljellä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan. Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.	Mahdollinen riski, mikäli sivukivialue tai -alueet ovat jäljellä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Porokodanjängän ja Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan. Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.	Mahdollinen riski, mikäli sivukivialue tai -alueet ovat jäljellä. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Kenttääavan ja Kitisen suuntaan (huom. jokivarren asutus). Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.
9. Haitta-aineiden kulkeutuminen sivukivialueilta herkkiin kohteisiin.	Sivukivialueet purettu ja tarvittavat jälkitoimet suoritettu	Mahdollinen riski. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Porokodanjängän ja Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan. Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.	Mahdollinen riski. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan. Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.	Mahdollinen riski. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Kenttääavan ja Kitisen suuntaan (huom. jokivarren asutus). Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.
10. Haitta-aineiden kulkeutuminen vesienkäsittelyn alueilta herkkiin kohteisiin	Sijoituspaikka, vesienkäsittelyn purku oikeassa järjestyksessä, tarkkailu	Mahdollinen riski erityisesti altaiden ja sakka-altaiden purkamisessa. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Porokodanjängän ja Eliasaavan	Mahdollinen riski erityisesti altaiden ja sakka-altaiden purkamisessa. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suun-	Mahdollinen riski erityisesti altaiden ja sakka-altaiden purkamisessa. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus Kenttääavan ja Kitisen suuntaan. Ei

16.11.2020

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
		suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan. Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.	taan. Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.	virtausta Viiankiaavan suuntaan.
11. Pölypäästöt arvokkaille luontoalueille.	Peiterakenteet, kasvittuminen	Pienenevä riski, peiterakenteiden ja kasvillisuuden vakiintuessa	Pienenevä riski, peiterakenteiden ja kasvillisuuden vakiintuessa	Pienenevä riski, peiterakenteiden ja kasvillisuuden vakiintuessa
12. Pölypäästöt asutulle alueelle.	Peiterakenteet, kasvittuminen	Pienenevä riski, peiterakenteiden ja kasvillisuuden vakiintuessa	Pienenevä riski, peiterakenteiden ja kasvillisuuden vakiintuessa	Pienenevä riski, peiterakenteiden ja kasvillisuuden vakiintuessa
13. Sortumat ja vaaralliset massavirrat.	Sijoituspaikka, stabiiliteetti-tarkastelut, auditointi, tarkkailu	Suuntautuminen Eliasaavalle ja Hevosenpäärimmelle ja edelleen Kelujoen suuntaan. VE1a. Vähäinen riski, mikäli hiljattain asennetun rakenteen eroosion tai vaurioiden takia läjitykseen kertyisi erityisen paljon vettä. VE1b. Mahdollinen riski jos kuivatusjärjestelyt vaurioituvat.	Suuntautuminen Porokodanjängän ja Kitisen suuntaan (huom. asutus). VE1a. Vähäinen riski, mikäli hiljattain asennetun rakenteen eroosion tai vaurioiden takia läjitykseen kertyisi erityisen paljon vettä. VE1b. Mahdollinen riski jos kuivatusjärjestelyt vaurioituvat.	Suuntautuminen Kitisen suuntaan (huom. asutus). VE1a. Vähäinen riski, mikäli hiljattain asennetun rakenteen eroosion tai vaurioiden takia läjitykseen kertyisi erityisen paljon vettä. VE1b. Mahdollinen riski jos kuivatusjärjestelyt vaurioituvat.
Vaihe 3. Maanalaisten kaivoksen ja tarvekilouhoksen täyttymisen jälkeen				
1. Haitta-aineiden kulkeutuminen maanalaisesta kaivoksesta arvokkaille luontoalueille.	Vinotunnelin sijoittaminen. Pääsy ehyen syväkallion alueelle mahdollisimman vähäruheista reittiä, vinotunnelin ja ilmanvaihtokuilun yläosan tiivistäminen	Mallinnuksen perusteella maanalainen kaivos ei vuoda yli. Riskinä tässä vaihtoehdossa on kuitenkin tarkasteltava vinotunnelin ylimmän osan sijaintia korkeamman topografian alueella. Jos maanalaiseen kaivokseen arvioiden vastaisesti muodostuisi ympäristöä korkeampi potentiaali, ylivuotoa ilmenisi pääosin Kitisen	Mallinnuksen perusteella maanalainen kaivos ei vuoda yli. Jos maanalaiseen kaivokseen muodostuisi arvioiden vastaisesti ympäristöä korkeampi potentiaali, ylivuotoa ilmenisi todennäköisimmin Ruosteojan suuntaan, mistä kulkeutumista tapahtuisi edelleen kohti Kitistä. (Oletus, että ylivuoto tapahtuisi vinotunnelin tai ilmavaihtokuilun yläosan kautta)	Mallinnuksen perusteella maanalainen kaivos ei vuoda yli. Jos maanalaiseen kaivokseen muodostuisi arvioiden vastaisesti ympäristöä korkeampi potentiaali, ylivuotoa voisi ilmetä Viiankiaavan länsiosan suuntaan, mistä kulkeutumista tapahtuisi edelleen kohti Kitistä. (Oletus, että ylivuoto tapahtuisi vinotunnelin tai ilmanvaihtokuilun yläosan

16.11.2020

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
		suuntaan. (Oletus, että ylivuoto tapahtuisi vinotunnelin tai ilmanvaihtotunnelin yläosan kautta)		
2. Haitta-aineiden kulkeutuminen maanalaisesta kaivoksesta Kitiiseen ja jokilaakson pohjavesiin.	Alustavien, tuotannon aikaiseen pohjavesimalliin perustuvien tarkastelujen perusteella yläosastaan tiivistetty maanalainen kaivos on vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa korkeintaan heikosti.	Jos maanalaiseen kaivokseen kuitenkin arvioiden vastaisesti muodostuisi merkittävästi ympäristöä korkeampi potentiaali ja pohjavesivirtausta ilmenisi merkittävämmiin poispäin maanalaisista tiloista, haitta-aineiden kulkeutumisriski olisi todennäköisesti suurin kallion rikkonaisessa yläosassa. Maanalaisen kaivoksen läheisyyteen saattaisi muodostua joidenkin parametrien osalta heikompilaatuinen syväpohjavesivyöhyke. Haitta-ainepitoista pohjavettä ei kuitenkaan todennäköisesti nousisi maan pinnan läheisyyteen tai kulkeutuisi pintavesiin, johtuen erilaisten vesien tilavuuspainoeroista. Olisi siis edelleen epätodennäköistä, että haitta-ainepitoista kaivosvettä kulkeutuisi maanpinnan läheisyyteen esimerkiksi ruhjeisen ylemmän kallioperän ja glasiofluviaalisten sedimenttien kontaktin kautta.		
3. Haitta-aineiden kulkeutuminen tarvekivilouhoksesta arvokkaille luontoalueille.	Louhosjärven valuma-alueen hyvä jälkihoito. Kivilaadun huomioiden veden laatu oletetaan kohtuulliseksi. Hallittu purku uomalla voi olla mahdollisuus ja tarvittaessa louhosseinämien tiivistys ennen kuivatuksen päättymistä.	Suhteellisen epätodennäköinen. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiaavalle. Tarvekivilouhoksen louhosjärven vesilaadun oletetaan muodostuvan kohtuulliseksi, joten vaikutuksiin tarvittaisiin merkittävien vesimäärien kulkeutumista.	Suhteellisen epätodennäköinen. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiaavalle. Tarvekivilouhoksen louhosjärven vesilaadun oletetaan muodostuvan kohtuulliseksi, joten vaikutuksiin tarvittaisiin merkittävien vesimäärien kulkeutumista.	Ylivuoto Kenttääavan suuntaan ja mahdollisesti osin Natura-alueen suuntaan. Tosin tarkevivilouhoksen louhosjärven vesilaadun oletetaan muodostuvan kohtuulliseksi, joten vaikutuksiin tarvittaisiin merkittävien vesimäärien kulkeutumista.
4. Sulfidimineraalien hapettumisen edistymisen toiminnan aikana: jätealueille varastoituvan helposti mobilisoituvan haitta-ainemäärän nousu	Kuivaläjitys: vaihteleva peittäminen kuivaläjitetyssä Märkäläjäytys: vedenkylästävä tila	VE1.-3a. Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitys: Hapettumistuotteita lienee varastoitunut läjitykseen ainakin jossain määrin. Näitä poistuu peitetystä läjityksestä hitaasti läpivirtaaman myötä, joskin läjitysprofiiliin ja sen peiterakenteen sallimissa rajoissa. Mikäli rikastushiekassa on päässyt jo varhaisessa vaiheessa muodostumaan merkittäviä määriä kolmenarvoista rautaa, hapettumisreaktioita voi esiintyä vielä peittämisen jälkeenkin. Peitteen läpi tapahtuvan imeytymisen säätely (ja sitä kautta läpivirtaaman säätely) on keskeisessä roolissa kuormituksen minimoinnissa. VE1-3b. Matalarikkisen rikastushiekan märkäläjäytys: Hapettumistuotteita lienee varastoitunut läjitykseen jossain määrin, suhteellisen helposti mobilisoituvassa muodossa. Mikäli neutralointi on ollut erityisen tehokasta tuotannon (märkänä) aikana, myös hapettumistuotteita saattaa olla pidättyneenä läjitykseen enemmän. Näitä poistuu peitetystä läjityksestä hitaasti läpivir-		

16.11.2020

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
		taaman myötä, joskin peitetyn läjitysprofiilin sallimissa rajoissa. Rikastushiekan suhteellisen korkea neutralointipotentiaali on saattanut kulu suhteessa enemmän kuin hapontuotto, mutta sillä ei liene suurta merkitystä, koska läjitys pysynee muotoilun-sakin puolesta pääosiltaan suhteellisen kyllästyneenä vedellä ja neutraloivia aineita esiintyyne edelleen runsaasti huokosvedes-sä.		
5. Vaikeudet peiteraken-teen suunnitelmien mu-kaisessa toteuttamises-sa		VE1-3a. Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitys: Pitkällä aika-välillä mahdollisten eroosioriskien oletetaan vähenevän (pai-numinen, kasvittuminen)		
		VE1-3b. Matalarikkisen rikastushiekan märkläjitys: Pitkällä aikavälillä mahdollisten eroosioriskien oletetaan vähenevän. Riippuen valitusta muotoilusta vesienpoiston toteutustavasta (lakialueelta), saattaa edelleen esiintyä pienempiä korjaustar-peita. Padot luokittunevat edelleen padoiksi, joskin vaaraluokka lienee alentunut.		
6. Haitta-aineiden kul-keutuminen rikastus-hiekka-alueelta arvok-kaille luontoalueille	Sijoituspaikka, pohja-rakenteet ja peitera-kenteet	Suhteellisen epäto-dennäköinen. Pinta-vesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiaa-valle. Mahdollinen mutta alentunut kulkeutumisriski on kuitenkin Eliasaavalle ja Hevosenpäärim-melle ja edelleen Kelujoen suuntaan.	Suhteellisen epäto-dennäköinen. Pinta-vesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiaavalle. Mahdoli-nen, mutta alentu-nut kulkeutumisriski on kuitenkin Poro-kodanjängän ja Kitisen suuntaan (huom. asutus).	Suhteellisen epäto-dennäköinen. Pinta-vesien ja ylempien pohjavesien virtaus ei suuntaudu Viiankiaavalle. Mahdoli-nen, mutta alentu-nut kulkeutumisriski on kuitenkin Kitisen suuntaan (huom. asutus).
7. Haitta-aineiden kul-keutuminen rikastus-hiekka-alueelta Kitiseen tai jokilaakson pohjave-siin.	Sijoituspaikka, pohja-rakenteet ja peitera-kenteet	Mahdollinen, mutta alentunut riski, pinta- ja pohjavesivirtaus kohti Kelujokea ja Kitistä. Luontainen laimeneminen pie-nentäisi toteutuneen riskin vaikutuksia.	Mahdollinen, mutta alentunut riski, pinta- ja pohja-vesivirtaus kohti Kitistä. Luontainen laimeneminen pie-nentäisi toteutu-neen riskin vaiku-tuksia.	Mahdollinen, mutta alentunut riski, pinta- ja pohja-vesivirtaus kohti Kitistä. Luontainen laimeneminen pie-nentäisi toteutu-neen riskin vaiku-tuksia.
8. Haitta-aineiden kul-keutuminen sivukivialu-eilta herkkiin kohteisiin.	Sivukivialueet puret-tu ja tarvittavat jälki-hoitotoimet suoritet-tu	Mahdollinen, mutta alentunut riski, mikäli sivukivialue tai –alueet ovat jäljellä. Pintavesien ja ylem-pien pohjavesien virtaus Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan. Ei virtausta Viiankiaavan suuntaan.	Mahdollinen, mutta alentunut riski, mikäli sivukivialue tai –alueet ovat jäljellä. Pintavesien ja ylempien pohja-vesien virtaus Poro-kodanjängän ja Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan. Ei virtaus-ta Viiankiaavan suuntaan.	Mahdollinen, mutta alentunut riski, mikäli sivukivialue tai –alueet ovat jäljellä. Pintavesien ja ylempien pohja-vesien virtaus Kent-täaavan ja Kitisen suuntaan (huom. jokivarren asutus). Ei virtausta Viianki-aavan suuntaan.

16.11.2020

Tunnistettu riski	Hallinta	VE1	VE2	VE3
10. Haitta-aineiden kulkeutuminen vesienkäsittelyn alueilta herkkiin kohteisiin	Vesienkäsittelyn rakenteet purettu ja jälkihoidettu asianmukaisesti	Mahdollinen riski, mikäli suljetut sakka-altaat jäävät paikalle. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus suuntautuu Porokodanjängän ja Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan.	Mahdollinen riski, mikäli suljetut sakka-altaat jäävät paikalle. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus suuntautuu Eliasaavan suuntaan ja edelleen Kelujoen suuntaan.	Mahdollinen riski, mikäli suljetut sakka-altaat jäävät paikalle. Pintavesien ja ylempien pohjavesien virtaus suuntautuu Kenttääavan ja Kitisen suuntaan (huom. jokivarren asutus).
11. Pölypäästöt arvokkaille luontoalueille.		Ei relevantti, pölyn lähteet on peitetty ja kasvittuminen edennyt pitkälle.	Ei relevantti, pölyn lähteet on peitetty ja kasvittuminen edennyt pitkälle.	Ei relevantti, pölyn lähteet on peitetty ja kasvittuminen edennyt pitkälle.
12. Pölypäästöt asutulle alueelle.		Ei relevantti, pölyn lähteet on peitetty ja kasvittuminen edennyt pitkälle.	Ei relevantti, pölyn lähteet on peitetty ja kasvittuminen edennyt pitkälle.	Ei relevantti, pölyn lähteet on peitetty ja kasvittuminen edennyt pitkälle.
13. Sortumat ja vaaralliset massavirrat.	Sijoituspaikka, stabiliteetti-tarkastelut, auditointi, tarkkailu	Suuntautuminen Eliasaavalle ja Hevosenpäärimmelle ja edelleen Kelujoen suuntaan. Riski oletettavasti alentunut merkittävästi.	Suuntautuminen Porokodanjängän ja Kitisen suuntaan (huom. asutus). Riski oletettavasti alentunut merkittävästi.	Suuntautuminen Kitisen suuntaan (huom. asutus). Riski oletettavasti alentunut merkittävästi.

Vertailussa ei ole toistaiseksi huomioitu sijoituspaikkavaihtoehtojen geoteknisiä eroja riskejä lisäävinä tai vähentävinä tekijöitä. Tarkastelua ei ole suoritettu myöskään minkään yksittäisen eliölajin perspektiivistä, vaan luontoarvojen runsauden ja monimuotoisuuden yleisestä näkökulmasta. Myös tarkastelu syväpohjaveden osalta puuttuu. Oletettavasti kuitenkin rakoilu syvemmällä kallioperässä ei ole riittävän yhtenäistä tarjoamaan erityisen merkittäviä sulkemisen jälkeisiä haitta-aineiden kulkeutumisreittejä.

Kuiva- ja märkäläjäityksen erot korostuvat aktiivisen sulkemisen aikana, jolloin lähtötilanteen muotoilutarpeet ja stabiliteetti poikkeavat toisistaan. Kuivaläjäytys on valmiimpi jälkihoidon aloittamiseen lähtötilanteessa. Lisäksi sen kuivanapitoa pidetään alustavasti helpompana toteuttaa ja ylläpitää sulkemisvaiheessa ja sulkemisen jälkeen. Toisaalta kuivaläjäityksen oletetaan mahdollisesti tarjoavan jossain määrin edullisemmat olosuhteet haitta-aineiden vapautumiselle sulfidien hapettumisen seurauksena toimintavaiheessa, mikä voi heijastua varastokuormana läjityksessä. Varastokuormalla tarkoitetaan rikastushiekkaan varastoituneita aineita, jotka ovat vapautuneet rikastushiekasta ja prosessivedestä toiminnan aikana. On kuitenkin mahdollista, että rikastushiekan hieno raekoko, tiiviyys ja kosteus estävät hapen kulkeutumista kohtuullisesti myös kuivaläjäityksessä, eikä ero läjitystapojen välillä välttämättä sittenkään ole erityisen suuri tältä osin.

Muilta osin riskit kulminoituvat kaivannaisjätteiden sijoitusalueiden ja vesienkäsittelyalueiden sijaintiin. Vaihtoehdossa VE3(a-b) ja jossain määrin vaihtoehdossa VE2(a-b) mahdollisia (selvitettäviä) sulkemisen jälkeisiä haitta-aineiden kulkeutumisreittejä suuntautuu Kitisen jokivarteen ja asutuksen suuntaan. On kuitenkin huomattava, että myös Kuusivaaran eteläpuolisella alueella, jonne vaihto-

16.11.2020

ehdoissa VE1(a-b) ja VE2(a-b) voisi teoriassa suuntautua sulkemisen jälkeistä haitta-aineiden kulkeutumista, esiintyy joitakin merkittäviä luontoarvoja.

Infrastruktuurin (ml. voimalinjat) ei ole vielä sisällytetty sulkemistyön riskien tunnistamiseen. Porotalouden osalta vaikutusten oletetaan lieventyvän sulkemisen myötä kaikissa vaihtoehdoissa.

Yllä esitetyn riskien tunnistamisen pohjalta vaihtoehtojen välisiä eroja ei pystytä kuvaamaan numeerisesti. Vaihtoehtojen vahvuudet ja heikkoudet kohdistuvat erityyppisiin asioihin ja eri alueille eikä lähestymistapa tuota varsinaista paremmuusjärjestystä. Yksikään vaihtoehdoista ei näyttäydä toteuttamiskelvottomana, sulkemisen näkökulmasta ja tarkastellun aineiston valossa.

Maanalaisen kaivoksen yläosan tiivistämisvaihtoehtojen eroja sulkemisen näkökulmasta ei ole vielä tarkasti arvioitu, mutta tehokkaamman injektoinnin voidaan olettaa alentavan myös sulkemisriskejä (esim. haitta-ainepitoisten vesien kulkeutuminen maanalaisesta louhoksesta.)

6.3 Mahdollisuuksien tunnistaminen

Rakennukset voidaan suunnitella kierrätettäviksi. Betonirakenteista n. 10 %, teräsrakenteista 100 %, seinistä 90 % ja katoista 90 % voidaan kierrättää. (Anglo American 20190618-versio sulkemisesta)

Sähkö- ja automaatiolaitteiden kierrätys ei ole kannattavaa. Osa laitteista voidaan ottaa käyttöön toisessa teollisuuslaitoksessa. (Anglo American 20190618-versio sulkemisesta)

Kaivoslaitteet voidaan uusiokäyttää 100 %:sti. (Anglo American 20190618-versio sulkemisesta)

Rakennuksille, voimalinjalle ja tiestölle voi ilmetä jatkokäyttöä. Kaivoksen sulkemisen jälkeen kaivosalue voidaan pääosin joko luovuttaa uuteen maankäyttöön tai palauttaa jokseenkin entisen kaltaiseen. Hyötyjinä palautuksesta voivat olla teollisuusalueelle tulevat uudet yritykset, metsätalous, porotalous tai mahdollisesti jopa luonnon monimuotoisuus. Kaikki vaihtoehdot VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b sijoittuvat nykytilassaan porojen kesälaidunalueelle.

Hankevaihtoehtojen VE1-VE3(a-b) osalta erot mahdollisuuksissa eivät vaikuta merkittävältä tarkastellun aineiston valossa.

Kuivaläjityksen (VE1a, VE2a, VE3a) yleisiin mahdollisuuksiin kuuluu kohtuullinen joustavuus läjityksen muodossa. Kuivaläjityksen katsotaan myös muodostavan stabiileja sulkemisen jälkeisiä maanmuotoja myös kylmillä alueilla. Lisäksi kuivaläjityksen sulkemisen jälkeisiin etuihin kuuluu verrattain vähäinen vesienhallinnan tarve ja alhaiset ylläpitokustannukset (Neuffer & Scott 2015). Lisätaustoitukseksi edellä esitetylle mainittakoon olemassa oleva Pogo Mine -kaivoksen rikastushiekan kuivaläjitysalue Alaskassa. Läjityksen sulkemista silmällä pitäen tehdyissä geoteknisissä tutkimuksissa havaittiin, että *in situ* -materiaalien tehollinen kitkakulma ja kuivatiheydet ovat yhtäpitäviä aikaisempien luiskastabiiliteettiarvioiden kanssa. Kairaukset ja lämpötilaseuranta indikoivat, että läjityksessä on myös ikiroutaa. Kairauksen ja huokospainemittausten perusteella tulkittuna pohjaveden pinta on jäänyt läjityksen pohjan tuntumaan. Raekooltaan silttiä vastaavaksi kuvatus rikastushiekan läjitys vaikuttaa sulkemista silmällä pitäen vakaalta (Neuffer ym. 2014).

6.4 Riskien tunnistamisessa havaitut puutteet ja selvitystarpeet

Keskeisimmät epävarmuudet tämänhetkisessä riskien tunnistamisessa liittyvät haitta-aineiden sulkemisen jälkeisten kulkeutumisriskien tarkempaan ymmärtämiseen. Seuraavassa työvaiheessa (ym-

16.11.2020

päristölupalupavaiheen sulkemissuunnitelma) panostetaan hydrogeologisen tiedon ja sulkemissuunnitelman tarkempaan kytkemiseen.

Vesienkäsittelysakan ominaisuustietojen vähäisyys estää toistaiseksi eräiden aktiivisen sulkemisvaiheen riskien tarkempaa kuvaamista. Tarkimmat suotovesiarviot perustuvat prosessivaihtoehtoon 1. Meneillään on rikastushiekan karakterisointi prosessivaihtoehdolle 2, jonka yhteydessä on kuitenkin jo tuotettu esimerkiksi täydentävä prosessivesien karakterisointi. Vesienkäsittelyn sakan ominaisuudet tulevat heijastelemaan kaivosalueen toiminnan aikana muodostuvissa vesilaaduissa olevia metallipitoisuuksia, rikastuneena pienehköön massamäärään. Kuitenkin esimerkiksi sakan hyödyntämisen mahdollisuudet osana rikastetta vaativat lisää tarkastelutyötä.

6.5 Jäännösriskien hallinta

Kaivoksen sulkemiseen liittyviä jäännösriskejä ja vaikutuksiin liittyviä epävarmuuksia tullaan systemaattisesti pienentämään sulkemissuunnittelun edetessä. Koska tämä raportti edustaa ensisijaisesti hankevaihtoehtojen tarkastelua sulkemisen näkökulmasta, varsinaista sulkemiskäytösten yksityiskohtaista arviointia ei ole vielä suoritettu. Kappaleessa 6.2 kuvattavat riskit ja alustavat toimenpideehdotukset huomioidaan hankkeen työsuunnittelussa.

16.11.2020

7 Tavoitteet ja vaatimukset

7.1 Lainsäädännöstä tulevat vaatimukset

Kaivoslain (621/2011) mukaan kaivosalue on toiminnan päättyessä viipymättä saatettava yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon sekä huolehdittava sen kunnostamisesta, siistimisestä ja maisemoinnista (KaivosL143 §). Kaivosviranomaisen suorittaa kaivostoiminnan lopputarkastuksen (KaivosL 146 §).

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005) määrää tuotantolaitoksen osalta toiminnan lopettamisesta aiheutuvista velvoitteista ja sen mukaan tuotantolaitoksen käytöstä poistettavan osan rakenteet ja alueet on tarvittaessa puhdistettava ja huolehdittava vaarallisista kemikaaleista ja räjähteistä siten, ettei niistä aiheudu henkilö-, ympäristö eikä omaisuusvahinkoja (KemTurl 133 §).

Ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaan luvanvaraisen toiminnan päätyttyä toiminnanharjoittaja vastaa edelleen tarvittavista toimista ympäristön pilaantumisen estämiseksi, toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta lupamääräysten mukaisesti (YSL 94 §). Jos lupa ei sisällä riittäviä määräyksiä toiminnan lopettamiseksi, on lupaviranomaisen annettava tätä tarkoittavat määräykset (YSL 94 §). Ympäristönsuojelulain mukaan voidaan kaatopaikkojen osalta esittää määräyksiä liittyen käytöstä poistamiseen ja sulkemiseen sekä siitä kuinka kauan toiminnanharjoittajan on vastattava kaatopaikan jälkihoidosta, kuitenkin vähintään 30 vuotta (YSA 2014/713 20 §). Mikäli toiminnasta aiheutuu maaperän tai pohjaveden pilaantumista on toiminnanharjoittaja ympäristönsuojelulain mukaan velvollinen puhdistamaan maaperän ja pohjaveden (YSL 14 §, 16 § ja 17 §).

Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013) 14 § mukaan kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisesta ja sen jälkeen toteutettavasta jälkihoidosta määrätään ympäristöluvassa tai ympäristönsuojelulain 94 §:n 3 momentin nojalla annettavassa päätöksessä. Jätealuetta pidetään käytöstä poistettuna, kun valvontaviranomainen on tarkastanut jätealueen ja hyväksynyt käytöstä poistamisen todettuaan, että jätealue ja sen vaikutusalueella oleva maa-alue on palautettu tyydyttävään tilaan ja että annettuja lupamääräyksiä on noudatettu. (5.2.2015/102)

Toiminnanharjoittajan on huolehdittava siitä, että käytöstä poistetun kaivannaisjätteen jätealueen ja sen ympäristökuormituksen hallintaan tarpeellisia rakenteita ylläpidetään ja seurataan, tarkkailu on mahdollista ja tarvittaessa ylivuotokanavat ja patoaukot pidetään toiminnassa ja puhtaina. Toiminnanharjoittajan on myös viipymättä ilmoitettava vaaratilanteista valvontaviranomaiselle ja ryhdyttävä toimiin onnettomuuksien tai ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi noudattaen, mitä 11 §:ssä ja 12 §:n 2 momentissa säädetään.

Toiminnanharjoittaja vastaa kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisen jälkeen tehtävistä jälkihoitotoimista sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta niin kauan kuin tämä on tarpeen sen varmistamiseksi, että alueesta ei aiheudu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa, alue on vakaa ja pysyvästi maisemoitu, alueesta ei aiheudu onnettomuuden vaaraa ja siitä aiheutuvaa ympäristökuormitusta tai vaikutusalueenpinta- tai pohjavesien tilaa ei ole enää tarpeen tarkkailla.

16.11.2020

7.2 Yleiset vaatimukset

Kaivoksen sulkemisen yleisiä päätavoitteita ovat:

1. Varmistetaan yleinen turvallisuus kaivostoiminnan muuttamilla alueilla.
2. Varmistetaan, että alueen kuormitus on lyhyellä ja pitkällä aikavälillä hyväksyttävällä tasolla eikä vaaranna ympäristöä tai ihmisten ja eläinten terveyttä. Pitkällä aikavälillä tämän tavoitteen tulee toteutua ilman aktiivisia käsittelytoimia.
3. Palautetaan käytöstä poistuvat alueet luonnonympäristöksi tai muuhun myöhempään maankäyttöön. Uusi maankäyttö on realistisella pohjalla ja yhdistyy ympäristöön ja alueen asukkaiden tarpeisiin.

7.3 Numeeriset paikkakohtaiset vaatimukset

Sulkemisen aikana ja sen jälkeen kaivosalueen vesiä vastaanottavien vesistöjen ekologinen tilaluokka ei saa heikentyä kaivosalueen muutosten seurauksena. Ekologista tilaa ja sen muutosriskejä arvioidaan kuitenkin kemiallisen tilan kautta. Vastaanottavien vesistöjen kemialliselle tilalle asetetaan siis sellaiset numeeriset tavoitteet, joiden toteutuessa myöskään ekologisen tilan ei voida odottaa heikentyvän. Sulkemissuunnittelun edetessä onkin arvioitava kaivosalueen sulkemisvaiheen ja sulkemisen jälkeisen ajan kokonaispäästöt ja niiden sekoittuminen vastaanottaviin vesistöihin.

Tavoitteiden toteutumiselle asetetaan alapuolinen tarkastelupiste. Tämä piste toimii tarkastelupisteenä suunnittelun aikaisissa laskelmissa ja malleissa, mutta myös tarkkailupisteenä (jo kaivoksen toiminnan aikana tai jopa aiemminkin).

Laadullisen tarkastelupisteen asettaminen pohjavesille on haasteellista. Tämä liittyy siihen, että kulkeutuminen on epätasaista ja esimerkiksi laajalle alueelle tehtävässä haitta-aineiden kulkeutumismallintamisessa yksityiskohtaistakin tietoa joudutaan yleistämään ja keskiarvoistamaan. Nimenomaan edustavien ja lisäksi näytteenottoon soveltuvien pisteiden löytäminen voikin olla haasteellista.

Mikäli pohjavedelle kuitenkin määritellään tarkastelupisteitä, ne valitaan huolella ja perustellen. Ympäristönsuojelulaissa (527/2014) todetaan seuraavaa:

"Ainetta, energiaa tai pieneliöitä ei saa panna, päästää tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että:

1) tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka pohjaveden laatu voi muutoin olennaisesti huonontua;

2) toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka tehdä pohjaveden kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai

3) toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua (pohjaveden pilaamiskielto)."

Pohjaveden pilaamiskiellon näkökulmasta mahdolliset tavoitteet ja tarkastelupisteet olisi syytä sijoittaa siten, että ne antavat varhaista tietoa mahdollisista herkkiin kohteisiin suuntautuvista muu-

16.11.2020

toksista. Tällaisia ovat esimerkiksi vedenhankintaan soveltuvat tai käytettävät alueet ja luontoarvoltaan merkittävät kohteet.

Tarvittaessa myös pohjaveden pinnantasolle voidaan asettaa tavoitteita, mikäli pinnantasolla on todellista merkitystä. Perusteluna pinnantasotavoitteelle voi olla esimerkiksi pohjavesien virtausuuntien säätely sijoitusalueen tuntumassa.

Erityisesti Sakatin sulkemissuunnittelussa kiinnitetään huomiota Viiankaaavan luontoarvojen suojaamiseen sekä Kitisen jokivarren alueen pohjavesiin.

8 Kaivosalueen eri osat ja keskeiset sulkemiskäytännöt

Alla olevissa kappaleissa käsitellään kaivosalueen eri osat ja keskeiset sulkemiseksi kaavaillut toimenpiteet. Toimenpiteet esitetään tässä YVA-vaiheen sulkemissuunnitelmassa viimeisimmän kannattavuusarvioinnin (PFS-A) suunnitelmien mukaisena. Suunnitelmat voivat kuitenkin edelleen tarkentua (säilyen kuitenkin tasoltaan vastaavanlaisina). Lisäksi tuodaan esille mahdolliset tarpeet seuraavissa sulkemissuunnittelun vaiheissa (ympäristölupavaihe) tehtäviksi täydentäviksi tarkasteluiksi.

8.1 Maanalainen kaivos

Jokaisessa vaihtoehdossa maanalaisessa kaivoksessa sijaitsee murskaamo, kuljetinhihna sekä toimisto-, sosiaali- ja korjaamotilat. Lisäksi vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b myös pastalaitos sijaitsee maanalaisessa kaivoksessa.

Sulkemisen aikana maanalaisen kaivoksen annetaan täyttyä vedellä. Sitä ennen maanalaisesta kaivoksesta poistetaan laitteet ja kalusto. Putkistoja ja kaapelointeja puretaan käytännön ja turvallisuuden sallimissa rajoissa. Kaivokseen pääsy estetään esimerkiksi betonisuluilla ja louhetäyttöillä. Tarvittaessa maanalaisiin tiloihin asennetaan välisulkuja rajoittamaan veden liikettä kaivoksen eri osien välillä sulkemisen jälkeen. Todennäköisesti kuitenkin myös painovoimainen kerrostuminen (suolaisuuskerrostuminen) rajoittaa erityisesti haitta-ainepitoisen veden kulkeutumista kaivoksen yläosiin. Keskeisimpinä haitta-aineina mainittakoon kloridi, sinkki ja sulfaatti.

Kuilun ja vinotunnelin yläosat on tiivistetty jo toimintavaiheessa. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on tarkasteltu kahta eri menettelytapaa, joilla ehkäistään kalliopohjaveden tuloa kaivokseen. Tiivistämisvaihtoehtojen eroja sulkemisen näkökulmasta ei ole vielä tarkasti arvioitu, mutta tehokkaamman injektoinnin voidaan olettaa alentavan myös sulkemiskäytännön (esim. haitta-ainepitoisten vesien kulkeutuminen maanalaisesta louhoksesta.)

8.2 Tarvekilouhos

Tarvekilouhoksen sijainti vaihtelee päävaihtoehdoissa VE1-3. Koko on sama kaikissa vaihtoehdoissa.

Toiminnan päätyttyä avolouhoksesta ja sen tukialueilta poistetaan kaikki tarpeettomat rakenteet, kemikaalit, räjähdysaineet, sähkölaitteet, työkoneet ja jätteet. Turvallisuuden kannalta tarpeelliset rakenteet jätetään paikalleen.

16.11.2020

Louhoksen reunat luiskataan ja muotoillaan turvallisuuden edellyttämään kaltevuuteen (noin 1:4). Turvallisuuden edellyttämä kaltevuus on riittävän loiva myös luiskan pitkäaikaisen stabiliteetin kannalta. Luiskaus jatkuu pinnan alapuolelle taaten poispääsyn veden varaan joutuneelle eläimelle tai ihmiselle.

Avolouhokseen johtavat ajoluiskat suljetaan lohkareilla. Avolouhos aidataan, jotta siitä ei aiheudu turvallisuusriskiä.

Toiminnan päätyttyä avolouhokseen kertyvät sade- ja pohjavedet muodostavat aikaa myöten keinotekoisen järven maisemoiden avolouhoksen.

8.3 Rikastushiekkojen läjittäminen

Rikastushiekka tullaan läjittämään kahdelle eri läjitysalueelle siten, että korkearikkinen rikastushiekka läjitetään veden kyllästämään tilaan (allasläjitys) ja matalarikkiselle rikastushiekalle varataan erillinen tila. Matalarikkisen rikastushiekan läjitysvaihtoehdot ovat kuivaläjitys (vaihtoehdot a) ja märkäläjitys (vaihtoehdot b). Kuivaläjitys on jaettu vaiheisiin (lohkoihin). Rikastushiekkaläjitysten sijainnit poikkeavat toisistaan päävaihtoehdoissa VE1-3. Niiden periaatteellinen sijoitus on kuitenkin aina sama: nojautuvat yläosastaan Kuusivaaran moreenirinteeseen ja laskeutuvat suoalueelle, turvekerrosten päälle Porokodanjängällä tai Kenttäaavalla. Pohjalle jää luontaisesti heikosti vettä johtavia maaperän kerrostuma.

8.4 Matalarikkinen rikastushiekka

Matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalue on merkittävin (ja mahdollisesti jopa ainoa) sulkemisen jälkeen jäljellä oleva kaivannaisjätteen jätealue. Matalarikkisen rikastushiekan sijoittamiseen harkitaan sekä kuivaläjitys- että märkäläjitysvaihtoehtoja. Alla olevissa kappaleissa kuvataan matalarikkisen rikastushiekan sulkemiskäytännöt näissä vaihtoehdoissa.

8.4.1 Pohjarakenteet, vallit ja padot

Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitysalueelle on suunniteltu pohjarakenne, mutta suunnitelman yksityiskohdat voivat tulla edelleen tarkentumaan. Kaavailtu rakenne esitetään alla (alhaalta ylös):

- Läpäisevä rakenteen pohjakerros, vähintään 1 m
- 0,5 m hiekkakerros tai vastaava
- HDPE kalvo (2 mm, kaksoistekstuuri) tai vastaava
- 0,5 m hiekkakerros Läpäisevä läjityksen pohjakerros/rakenne (eräs tarkasteltava mahdollisuus on salaojitus 75-100 mm:n putkilla)

Alapuolella olevan luontaisen maakerroksen (moreeni, rapakalliomoreeni tai turve) tiiviysominaisuudet hyödynnetään tasaamalla ja muotoilemalla läjitysalueen pohja siten että se edesauttaa mahdollisten suotovesien hallintaa ja estää suotautumisen pohjaveteen.

16.11.2020

PFS-A:n mukaisessa suunnitelmassa matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjäityksessä toteutetaan myös alkupato, jota vasten pohjan tiiviskerros suojakerroksineen jatkuu. Vallin runko on louhetta tai moreenia. Läjäityksen vaiheiden välissä käytetään sivukivilouhetta tukirakenteena.

Märkäläjäitysvaihtoehdolle oletetaan tarvittavan eristysominaisuuksiltaan yllä esitettyä vastaava pohjarakenne. Huomioiden läjäitysratkaisujen tekniset erot, täysin samasta rakenteesta ei välttämättä kuitenkaan ole kysymys.

Matalarikkisen rikastushiekka-altaan padot rakennetaan louheesta ja moreenitiivisteestä. Myös korotuksissa käytetään sivukivilouhetta tukipenkereenä. Korotustapaa ei ole vielä suunniteltu, mutta ylävirtaan (sisäänpäin) korotusta voidaan pitää todennäköisenä viimeistään toisessa korotuksessa. Reunapadon sisäluiskan juureen rakennetaan juurisaloja, jolla pyritään kuivattamaan rikastushiekkaa ja lisäämään kantavuutta sisäänpäin korotuksia varten.

Korkearikkisen rikastushiekan lietaläjäitykselle on suunniteltu alla kuvattava pohjarakenne (alhaalta ylös). Rakenteeseen voi kuitenkin tulla vähäisiä muutoksia tarkentavassa suunnittelussa.

- Läpäisevä rakenteen pohjakerros, vähintään 1 m
- 0,5 m hiekkakerros tai vastaava
- HDPE kalvo (2 mm, kaksoistekstuuri) tai vastaava
- 0,5 m hiekkakerros (kerroksessa on salaojitus 75-100 mm:n putkilla)
- HDPE kalvo (2 mm, sileä) tai vastaava

Kaksinkertainen kalvorakenne jatkuu myös patoa vasten. Perusrakenteeltaan kyseessä on louhepato, joka rakennetaan kerralla lopulliseen korkeuteensa.

8.4.2 Kuivaläjäitysvaihtoehto, rakentaminen ja peittäminen

PFS-A –vaiheen tarkasteluissa, rikastushiekan kuivaläjäitysvaihtoehdossa (VE1a-3a) läjitys ja sulkeminen on kaavailtu suoritettavaksi alla olevan kuvauksen mukaisesti (Kuva 41). (SRK 2019a) Suunnitelma voi edelleen tarkentua.

- Patoluiskat toteutetaan 1:4 –kaltevuuksilla, joten vaiheittainen sulkeminen on ta-jo toiminnan aikana.
- Penkereissä käytetään sivukiveä (ei-pysyvä, ei-vaarallinen) tai muuta louhemateriaalia.
- Ulkorinteillä päällimmäinen kerros (1 m) muodostetaan pintamaan (moreenin) ja sivukiven noin 50/50 –seoksesta. Lisäksi asennetaan kasvualustakerros, joka torjuu myös pölyn muodostumista.
- Rikastushiekan pinta muotoillaan vähintään 1 % kaltevuudella etelään kallistuvaksi.
- Rikastushiekan sijoitusalueen lohkot 1 ja 2 suljetaan vaiheittain komposiittipeiterakenteella:
 - heikosti läpäisevä vedenkyllästämä kerros, joka rajoittaa sekä hapen että veden tunkeutumista läjitykseen.
 - paksu kasvualustakerros, joka myös suojaa vedenkyllästämää kerrosta jäätymis- sulamissykleiltä sekä varastoi vettä osaltaan.

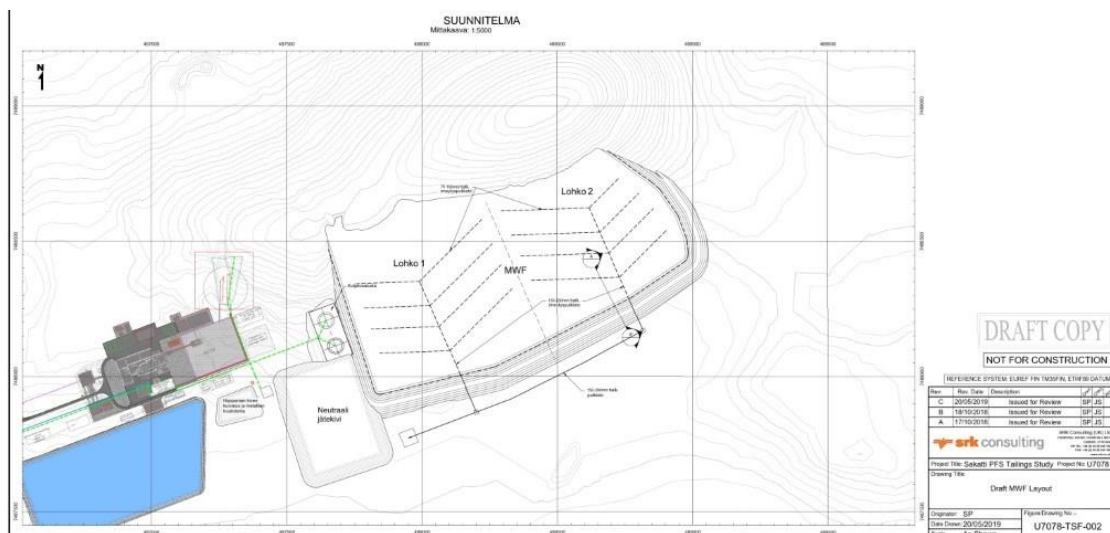
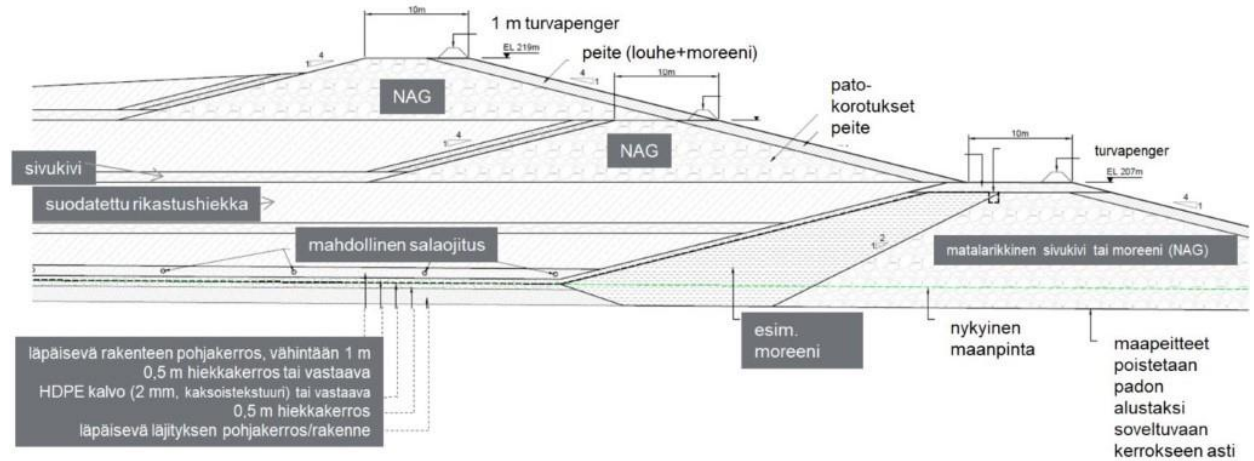
16.11.2020

Muuta huomioitavaa:

- Toistaiseksi on tarkasteltu alla kuvattavaa kahta peiterakennevaihtoehtoa (SRK 2019a). Tarkasteluvaihtoehdot on laadittu läjityssuunnittelun osana ja ne ovat vasta alustavia. Myös muita ratkaisuvaihtoehtoja tullaan todennäköisesti tarkastelemaan tulevaisu sulkemissuunnitteluvaiheissa.
 - Tiivisrakenteena toimii (vähintään 0-3 m) savikerros, jota peittää suojakerroksena pintamaan ja sivukivilouheen seos (0,5 m). Suojakerros toimii myös kasvialustana.
 - Peitteenä on komposiittirakenne, alhaalta päin kuvattuna kuivatusrakenne, suojakerros, hienojakoinen moreeni (0,6 m) ja pintamaakerros (0,2 m). Ylin kerros toimii myös kasvialustana.
- Päästöparametrien mallinnuksessa on käytetty alla esitettäviä oletuksia (SRK 2019a). On kuitenkin huomattava, että nämä oletukset voivat vielä muuttua jossain määrin.
 - Peiterakenteen läpi imeytyy 12,5 % vuotuisesta keskisadannasta (524 mm). Tämä tarkoittaa imeytymisen vähentämistä noin puoleen peittämättömästä kuivaläjäityksestä (30 % imeytyminen).
 - Huomio 1. Kuivaläjäityksessä on siis huomattava pintatiiveys jo ennen sulkemistoimenpiteitä, joten veden imeytymistä rikastushiekkaan voidaan rajoittaa suhteellisen tehokkaasti. (Kosteus tiivistyneessä läjityksessä riittää myös kohtuulliseen kaasunvaihdon rajoittamiseen.)
 - Huomio 2. Peiterakenteen suorituskyky on määritelty veden imeytymisenä peitteen läpi jätteeseen, ei vedenjohtavuutena. Tämä määrittelytapa mahdollistaa parhaimmin läjityksen sulkemisen jälkeisen suorituskyvyn laskennallisen tarkastelun. Myös hapen kulkeutumista säätelee ensisijaisesti peitemateriaalin kosteus: tiiviskään kerros ei toimi hyvin kaasunvaihdon säätelijänä kuivuessaan.
 - Pohjarakenteen läpi suljetulla loholla 1 suotautuu 8,62 m³/vrk. Peittämättömässä tilassa suotautuma olisi 18,15 m³/vrk. Kun lohko 1 on peitetty ja lohko 2 avoinna, suotautuma pohjan läpi on 24,4 m³/vrk ja molempien lohkojen ollessa peitettyinä 16,1m³/vrk.

Huomio 3. Pohjan läpi tapahtuvan suotautumisen lisäksi sijoitusalueelta poistuu suotovettä patoalueelta. Patoalueen suotoveden johtaminen suotovesien talteenoton päätyttyä tarkentuu seuraavissa suunnitteluvaiheissa. Tässä suunnitteluvaiheessa patoalueen suotoveden on oletettu voivan kuormittaa alapuolista vesistöä joko suoraan tai välillisesti pohjaveden kautta.

16.11.2020



Kuva 41 Esimerkinomainen periaatekuva rikastushiekan kuivaläjäytystä – eräs ratkaisumalli (SRK 2019). Yläkuvassa poikkileikkaus A-A, jonka sijainti esitetään alakuvassa. Alustava mallikuva liittyy vaihtoehtoon VE1a.

Rikastushiekka-alueella ja sen vieressä tehdyissä maaperätutkimuksissa on havaittu joitain mahdollisesti heikosti läpäiseviä hienoainesmoreenimaita alueen länsiosassa, mutta toistaiseksi moreeninottoalueita ei ole varmennettu riittävässä määrin.

Rikastushiekka-aluetta ei oteta talousmetsäkäyttöön, vaan alueelle annetaan ajan myötä muodostua vaihteleva, luonnonmukainen kasvillisuus. Lakialueelle ja rinteille tehdään soveltuvilta osin myös paikoittaisia louhepintaisia alueita, jotka muistuttavat seudun vaarojen rinteille tyypillistä rakkakivikkoa. Rakkakiveykset voidaan sijoittaa selänteiden rinteille ja lakialueille esimerkiksi selänteiden korkeuskäyriä myötäilevinä vyöhykkeinä.

16.11.2020

8.4.3 Märkäläjäytysvaihtoehto, rakentaminen ja peittäminen

Rikastushiekan märkäläjäytyksessä alue voidaan muotoilla joko kuperaksi tai toiselle sivulle viettäväksi (johtamaan vesiä alueelta) tai vaihtoehtoiseksi koveraksi vedenjohtamISRakenteella. Ensisijaisena vaihtoehtona pidetään toistaiseksi toiselle sivulle viettävää kallistusta. Täytön loppuvaiheessa, ennen alueen sulkemista, voidaan pumppausten kohdentamisella täyttää haluttuja altaan osia muotoilun tueksi. Kuperassa vaihtoehdossa tämä vaatii altaan keskiosalle erillisen pumppauspenkereen. Muita muotoiluun käytettäviä keinoja ovat massansiirrot sekä sivukivitäyttö. Kuperassa muotoiluvaihtoehdossa ylimmät korotuspenkereet reunapadoilla leikataan ja tasataan, etteivät ne muodosta pintavaluntaa padottavaa rakennetta. Sivulle viettävässä vaihtoehdossa leikkaus kohdistuu vain toiseen puoliskoon allasta. Koverassa vaihtoehdossa käytetään kanaalirakennetta. Patojen luiskaosat muotoillaan keskimäärin kaltevuuteen 1:3 – 1:4.

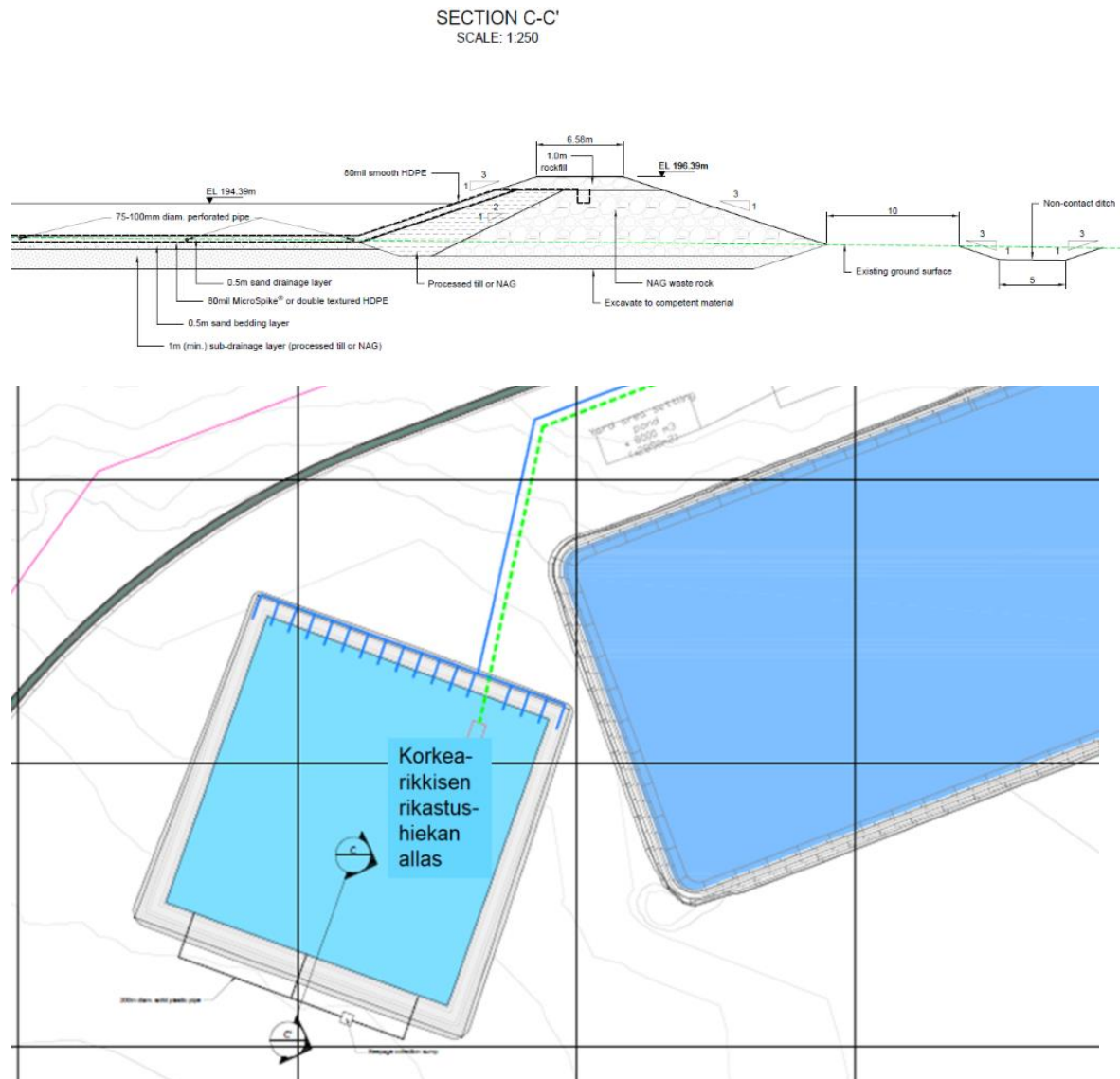
Altaassa olevaa rikastushiekkaa joudutaan aluksi kuivaamaan kantavuuden saavuttamiseksi. Läjityksen loputtua pumpataan rikastushiekka-altaan suotoveden kokoamisallas tyhjäksi esimerkiksi palautuspumppaamoa käyttäen ja annetaan rikastushiekan kuivua juurisalojen kautta. Rikastushiekan sisäinen vesipinta asettuu pitkällä aikavälillä tasapainotilaan, joka riippuu pintarakenteen läpi imeytyvän veden määrästä ja pohjan sekä patojen läpi suotautuvasta vesimäärästä.

Rikastushiekka on suhteellisen hienojakoista ja jää suurilta osin vedellä kyllästyneeseen tilaan, mikä vähentää rikastushiekan sulfidimineraalien hapettumista. Märkäläjäityksen peittämisessä panostetaan erityisesti läpivirtaamaan minimointiin ja kosteusvaihteluiden tasaamiseen. Altaalle (laki-alue) suunnitellaan veden imeytymistä pienentävä peiterakenne, joka vähentää myös kaasunvaihtoa. Peittäminen suoritetaan soveltuvilta osin vastaavalla periaatteella kuin kuivaläjäytysvaihtoehdossa, käyttäen eristyskerrosta ja suojakerrosta. Peitteen rakentaminen märkäläjäytysalueella poikkeaa kuitenkin teknisesti kuivaläjäityksen peittämisestä, valmiin tiivistykseen soveltuvan alustan puuttuessa monin paikoin. Peitteen rakentaminen voi poiketa myös tavoitteellisesti: hapen kulkeutumisen rajoittaminen pinnalta ei ole välttämättä kriittistä märkäläjäytyksessä silloin kun esimerkiksi läjityksen ja pohjarakenteen tiiveys mahdollistavat vedellä kyllästyneiden olosuhteiden säilymisen myös sulkemisen jälkeen. Tällöin hapettumiselle altistuvan rikastushiekan osuus kokonaismassasta jää suhteellisen pieneksi. Kun tarkastellaan märkäläjäityksen ja kuivaläjäityksen koko profiileja (sisältäen peiterakenteen), vastaava suorituskky voidaan saavuttaa osittain erilaisten mekanismien avulla. Tosin kuivaläjäityksenkin sisäosissa olosuhteet voivat muodostua kaasunvaihtoa tehokkaasti estäväksi.

8.5 Korkearikkinen rikastushiekka

Kaivoksen toiminnan aikana korkearikkinen rikastushiekka märkäläjitetään altaaseen. Altaan periaatekuva esitetään alla (Kuva 42).

16.11.2020



Kuva 42. Periaatekuvat korkearikkisen rikastushiekan läjityksestä (SRK 2019). Yläkuvassa poikkileikkaus C-C, jonka sijainti esitetään alakuvassa. Mallikuva liittyy YVA:a varhaisempaan suunnitteluvaihtoehtoon.

Kaivoksen viimeisen toimintavuoden aikana korkearikkisen rikastushiekan varastoallas tyhjenetään ylimääräisestä vedestä ja rikastushiekasta. Rikastushiekka käytetään pastana louhostäytöissä.

Kaivostoiminnan loputtua korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaan kalvorakenteet, putket ja pumppaamot puretaan ja toimitetaan asianmukaiseen jatkokäsittelyyn. Tarpeettomaksi käyneet padot tasataan ja alue peitetään pintamaakerroksella kasvittumisen edistämiseksi.

16.11.2020

8.6 Sivukivialueet

Jokaisessa vaihtoehdossa on korkearikkiselle ja matalarikkiselle sivukivelle oma sijoitusalueensa. sijoitusalueen paikka vaihtelee eri vaihtoehdoissa. Pyrkimyksenä kuitenkin on, että sivukivialueita ei ole jäljellä sulkemisen jälkeen. Sivukiveä käytetään mm. louhostilojen täyttöihin. Sivukivialueiden tyhjenemisen jälkeen tarkastetaan maaperän tila. Mikäli tilaltaan heikentyneitä maa-aineksia tava-taan, ne käsitellään tai loppusijoitetaan asianmukaisesti. Sulkemissuunnittelun edetessä tarkastel-laan sijoittamismahdollisuuksia alueen muille kaivannaisjäte- tai jätealueille. Mikäli kaikki sivukivi ei tule hyödynnetyksi, jäljellä olevat sivukivet pyritään hyödyntämään muihin tarkoituksiin toiminnan jälkeen tai mikäli tämä ei ole mahdollista, sivukivialueet suljetaan paikoilleen asianmukaisesti. Mikä-li korkearikkistä sivukiveä jäisi maanpäälliselle sivukivialueelle, sovellettaisiin tiivisrakennetta. Tiedot tarkentuvat seuraavissa suunnitteluvaiheissa.

8.7 Muut läjitysalueet

Pintamaiden sijoitusalueiden sijainnit poikkeavat toisistaan vaihtoehdoissa VE1-3(a-b). Pintamaat varastoidaan omina jakeinaan (pintamaa, turve, moreeni, hiekka) ja hyödynnetään kaivoksen raken-teissa, jälkihoidossa ja maisemoinnissa.

8.8 Teollisuusalue, tiestö, voimalinjat, putkilinjat ja vesienkäsittely

Teollisuusalueen, tiestön, voimalinjan ja putkilinjojen sulkemisesta on laadittu ensimmäinen versio viimeisimmän kannattavuusarvioinnin (PFS-A) yhteydessä. Se esitetään alla (Taulukko 81).

Jokaisessa vaihtoehdossa prosessialue sijaitsee Kuusivaarassa. Vaihtoehdoissa VE2 ja VE3 pastalai-tos on sijoitettuna maan päälle joko nostotornin läheisyyteen (VE2) tai kaivoksen sisäänkäynnin lä-heisyyteen (VE3). Yhdystien linjausvaihtoehtoja on kaksi (a ja b). Voimajohto on suunniteltu kulke-van nykyisen vierellä jokaisessa vaihtoehdossa.

16.11.2020

Taulukko 8-1. Teollisuusalueen ja infrastruktuurin alustavat sulkemissuunnitelmat.

Rakenne	Sulkemissuunnitelma
Rakennukset	
Rikastamoalueen sisäpuoliset rakennukset sekä maanalaisen kaivoksen maanpäälliset tukirakennukset	Varusteet ja putket puretaan ja joko myydään uusiokäyttöön tai kierrätetään. Rakennukset puretaan ja joko kierrätetään tai käsitellään rakennusjätteenä.
Teollisuusalueen/-alueiden ulkopuoliset rakennukset (raakavesipumppaamo Kitisellä, räjähdysainevarasto)	
Prosessialueen ulkopuolinen infrastruktuuri	
Yhdystie ja Kelujoen ylittävä silta	Kunnostetaan tukemaan tulevaa maankäyttöä. Tämä voi tarkoittaa joko rakenteiden jättämistä paikoilleen tai rakenteiden poistamista ja alueen tasaamista. Mahdollisesta infrastruktuurin jättämisestä alueelle on sovittava erikseen viranomaisten ja maanomistajien kanssa. Kolmas vaihtoehto on rakenteiden osittainen purkaminen tehokkaampien hydrologisten kanavien ja ekologisten käytävien luomiseksi.
110 kV voimajohtolinja Vajukoskelta	Sulkemistoimenpiteet riippuvat voimajohtolinjan ja kaivoksen välisestä sopimuksesta. Voimajohtolinjan omistus sovitaan verkkoyhtiön kanssa ennen voimajohtolinjan rakentamispäätöstä. Jos kaivosyhtiö omistaa voimajohdon, se on kunnostettava tukemaan tulevaa maankäyttöä. Tämä voi tarkoittaa joko rakenteiden jättämistä paikalleen tai niiden purkamista. Mahdollisesta rakenteiden jättämisestä alueelle on sovittava erikseen viranomaisten ja maanomistajien kanssa.
Vedenotto- ja purkuputket	Tehdään riskiperusteinen vaikutusten arviointi, joka sisältää ympäristö-, sosiaalisen ja taloudellisen näkökulman. Riskit rakenteiden purkamiseen sekä jättämiseen arvioidaan. Maankäyttö putkilinjan ympärillä sekä maanomistajat otetaan huomioon.
Putkilinjat joessa	Putkilinjat ja muut varusteet poistetaan hävittämistä tai kierrättämistä varten.
Talousvesi- ja jätevesiyhteydet	Kaikki näihin liittyvät sulkemistoimet arvioidaan vaikutusten ja taloudellisen näkökulman perusteella.
Teollisuusalueen sisäpuolinen infrastruktuuri	
Päällystetyt piha-alueet	Alueet kunnostetaan tulevaa maankäyttöä varten. Tämä voi tarkoittaa joko alueiden jättämistä sellaiseksi tai poistamalla päällysteet ja niiden hävittäminen.
Alueen maanalaiset putkilinjat (huo- levesiviemäröinti, palovesijohdot, jätevesiviemärit)	Ks. yo teksti
Alueen sisäiset huoltotiet	Ks. yo teksti

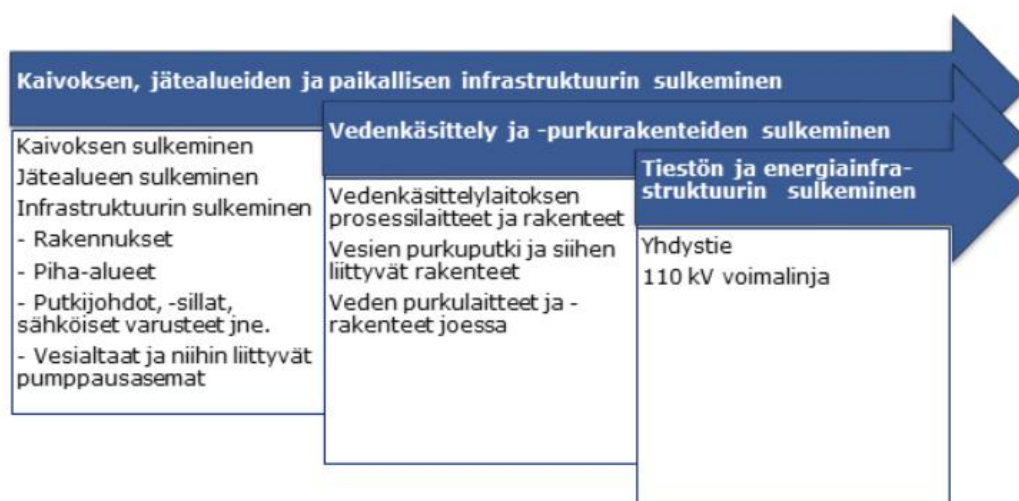
16.11.2020

Malmin välivarastoalue ja muut kalvotetut varastoalueet	Kalvon päällä oleva materiaali käsitellään pilaantuneena maana. Kalvot poistetaan ja sijoitetaan kaatopaikalle rakennusjätteenä.
Putkisillat ja maanpäälliset putket	Kaikki laitteet ja putket puretaan ja kierrätetään
Sähkölaitteet, -varusteet ja kaapelit	Sähkölaitteet puretaan ja kierrätetään. Perustusrakenteet puretaan ja sijoitetaan kaatopaikalle rakennusjätteenä.
Vesialtaat	Vedet pumpataan vesikiertoon päävesivaraston kautta puhdistukseen tai maanalaisen kaivoksen täyttämiseen. Kalvopohjat poistetaan ja sijoitetaan rakennusjätteenä. Vesivarastoaltaan pato poistetaan riippuen patoluokasta. Pienempien altaiden penkereiden materiaali käytetään altaiden täyttämiseen.
Pumppuasemat	Kaikki varusteet ja putkilinjat poistetaan ja kierrätetään. Rakenteet poistetaan ja sijoitetaan rakennusjätteenä.
Toiminta-ajan jälkeinen pilaantuneiden maa-ainesten arvioiminen	Maa-ainesnäytteenottoa tehdään alueilla, jotka ovat "suuren riskin alueita" ennen kuin sulkemissuunnitelma tehdään valmiiksi. Potentiaalisesti pilaantuneet maa-alueet käsitellään insitu, läjitetään alueelle tai kuljetetaan niitä vastaanottavaan läjityspaikkaan. Toimenpiteet päätetään yhdessä viranomaisen ja maanomistajien kanssa.

Vaihtoehtoissa VE-1-3 vesivarastoallas ja vesienkäsittelysakan sijoitusalue sijaitsevat eri paikoissa. Vesienkäsittelysakan sijoitusalueen jälkihoito käsitellään sulkemissuunnittelun edetessä.

8.9 Sulkemistyön vaiheet

Alustavasti sulkemistyön ajallinen vaiheistaminen on kaavailtu alla olevan kuvan (Kuva 43) mukaisesti. Kaivoksen ja jätealueiden sulkemisen aikana tuotannonaikainen vesienkäsittelylaitos on edelleen käytössä, joten vesienkäsittelyyn liittyvien rakenteiden sulkemista ei voida suorittaa ensimmäisessä vaiheessa. Voimalinja on viimeinen purettava rakenne.



Kuva 43. Aktiivisen sulkemistyön työvaiheet.

16.11.2020

9 Alustava arvio ympäristövaikutuksista ja sosiaalisista vaikutuksista

9.1 Yleistä vaikutusarvioinnista

Ympäristövaikutuksia kuvataan tässä työvaiheessa vasta yleisellä ja käsitteellisellä tasolla - ja soveltuvilta osin YVA-vaihtoehtoja vertaillen. Soveltuvilta osin on tarkasteltu myös vaikutusten merkittävyyttä (Kuva 44).

Sulkemisen jälkeisten vaikutusten numeerinen tarkastelu on lukuisia peräkkäisiä laskenta-/mallinnusvaiheita sisältävä pitkä prosessi ja sen toteuttaminen lukuisille hankevaihtoehtoilta olisi melko epärealistista - varsinkin pitäen kaikkien tarkastelujatkumoiden tiedot ajantasaisena. Vaihtoehtojen karsiutuksessa ja sulkemissuunnittelutyön tarkentuessa myös suoritetaan myös sulkemisen jälkeisten vaikutusten numeerinen tarkastelu (ympäristölupavaiheessa).

	Suuri muutos	Keskisuuri muutos	Pieni muutos	Ei vaikutuksia	Pieni muutos	Keskisuuri muutos	Suuri muutos
Vähäinen herkkyys							
Kohtalainen herkkyys							
Suuri herkkyys							

Kuva 44. Vaikutuksen kokonaismerkittävyyden määrittäminen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella ympäristövaikutusten arvioinnissa.

9.2 Pohjavesivaikutukset

Kaivosalueen sulkemisen jälkeiset pohjavesivaikutukset minimoidaan käyttämällä oikeaa pohjarakenne-läjitustapa-pintarakenneyhdistelmää. Lisäksi maanalaiseen kaivoksen suunnittelussa on huomioitu vinotunnelin ja ilmanvaihtokuilun reitityksessä pohjavesivirtauksen riskialueiden (ruuhkaus) välttäminen sekä tiivistystarpeet.

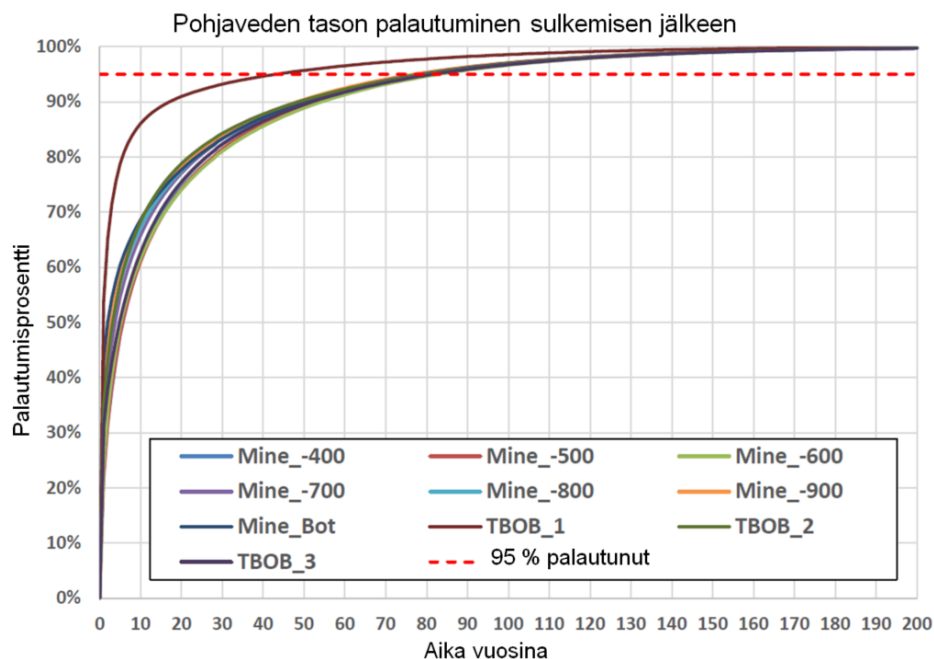
Keskeisimpiä kuormitustekijöitä ovat alustavasti nikkeli, kloridi, sulfaatti ja sinkki ja ne liittyvät ensisijaisesti matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueeseen. Aktiivisen sulkemisen aikana ja keskipitkällä aikavälillä kuormittajia ovat myös typpi ja mahdollisesti fosfori. Aktiivisen sulkemisen aikana erityisesti märkäläjitäysalueelta poistuu vettä vesipinnan hakiessa edelleen tasapainotilaansa. Aktiivisessa vaiheessa pohjavesivaikutuksia säätelee erityisesti talteenotettavan ja ei-talteenotettavan suotautuman määräsuhte rikastushiekka-alueella. Tässä vaiheessa talteenotettavissa olevan suotoveden osuuteen voidaan vaikuttaa kokoamisjärjestelmien avulla ja talteenotettua suotovettä voidaan käsitellä aktiivisesti. Pitkällä aikavälillä suotovesiä ei enää koota käsittelyyn, mutta myös niiden määrä (erityisesti märkäläjitäysalueella) vähenee vesipinnan asetuttua tasapainotilaan läjityksessä. Molemmassa läjitäysvaihtoehtoissa voidaan olettaa myös ns. varastokuorman vähenevän: tuotannon aikana läjitykseen varastoituneiden hapettumistuotteiden määrä vähenee vähitellen, mutta niistä voi olosuhteiden muutoksen myötä syntyä enenevästi myös uusia (ja uusissa olosuhteissa pysyvämpiä) yhdisteitä.

16.11.2020

Pohjavesivaikutusten kannalta kiinnostavia muutoksia ovat sulkemisen jälkeen myös maanalaisen kaivoksen ja tarvekilouhoksen täyttyminen vedellä. Täyttyminen voi kestää huomattavan pitkän ajan. Päävaihtoehdolle VE1 (alavaihtoehto, jossa ei ole lisätiivistystä vinotunnelin yläosassa) on arvioitu pohjaveden pinnan palautuvan 95 % 50-80 vuodessa, maanalaisen kaivoksen eri osissa. Täydelliseen palautumiseen menee yli 100 vuotta. Tarvekilouhokselle palautumista ei ole vielä arvioitu. Täyttymisen jälkeen pohjaveden virtaussuunnat alueella palavat tuotantoa edeltävää aikaa muistuttavan tilaan. Tyypillisesti myös pohjavesiriskit kohdistuvat tähän vaiheeseen: pohjavesivirtaukset eivät ole enää louhostiloja kohti.

Pohjavesimallinnuksen (Stantec 2020) mukaan (tarkasteltuna vaihtoehdolle VE1), maanalainen kaivos ei vuoda yli. Lisäksi on syytä huomioida, että heikkolaatuinen vesi muodostuu syvällä (-400 m:n alapuolella, erityisesti esiintymän alueella). Vesi pyrkii kerrostumaan painovoimaisesti. Ei vaikuta todennäköiseltä, että painavampaa, heikompilaatuista vettä kertyisi kaivoksen yläosiin, missä haitta-aineiden kulkeutumiselle on paremmat edellytykset. Todennäköisin haitta-aineiden kulkeutumisreitti sijaitsee rikkonaisessa kalliossa (ylimmät 200 m). Jokilaakson tuntumassa rikkonaisella kallio-perällä on kontakteja lajittuneisiin sora- ja hiekkakerrostumiin, mitä kautta kulkeutuminen pintaveisiin tai pohjavesiin voisi tapahtua. Todennäköisin haitta-aineiden kulkeutumisreitti ja haitta-ainepitoisen veden muodostumisalue esiintyvät siis eri syvyyksillä (Taulukko 9-1).

Taulukko 9-1. Pohjaveden pinnan palautuminen maanalaisen kaivoksen eri osissa, vuosina ja prosentteina, vaihtoehdossa VE1. Mine_-400 ... Mine_bot viittaavat louhostilojen eri osiin eri syvyyksillä. TBOB_1 ... TBOB_3 viittaavat vinotunnelin eri osiin, TBOB_1:n ollessa ylin, - 183 m. (Stantec 2020)



Maanpäällisiin olosuhteisiin on sulkemisen jälkeen jäämässä ainoastaan matalarikkinen rikastushiekka. Materiaalin arvioidaan tuottavan neutraalia, metallipitoista valumaa (kappale 5.1). Suotautuvia vesimääriä rajoittavat rikastushiekan tiiveys, pohjarakenne ja peite. Suoraan läjityksen alapuolella (kuivaläjitys) on arvioitu (SRK 2019a) pohjaveden ympäristölaatu normien ylittävän tuotannon aikana kloridin (90 mg/l), nikkelin (0,012 mg/l) ja sinkin (0,19 mg/l) osalta. Tässä vaiheessa haitta-

16.11.2020

aineiden kulkeutumista voidaan kuitenkin rajoittaa suotovesien talteenoton avulla suhteellisen tehokkaasti. Sulkemisen jälkeen suoraan rikastushiekka-alueen alapuolella pohjaveden ympäristölaatunormit voisivat ylittyä kloridin (79 mg/l) ja sinkin (0,19 mg/l) osalta. Haitta-aineiden kulkeutumisesta voi esiintyä jossain määrin, mutta pitoisuuksiin etäämmällä läjityksessä vaikuttavat haitta-aineiden pidäytyminen sekä laimeneminen.

Vaihtoehdossa VE1 todennäköisin pohjavesivaikutuksen suunta on Kuusivaaran eteläpuolinen suoalue varsinaisen Hevosenvärimmen yläpuolella. Vaihtoehdoissa VE2a-b todennäköisen vaikutuksen suunta olisi lännessä rikastushiekka-alueen ja Kitisen välisellä alueella. Vaihtoehdoissa VE3a-b todennäköisin vaikutuksen suunta olisi pohjoisessa rikastushiekka-alueen ja Kitisen välisellä alueella. Vallitsevaan pinnanläheinen stratigrafiaan alueella kuuluu kaksi moreenipatjaa, joista molemmat omaavat suhteellisen alhaisen hydraulisen johtavuuden ($1.0E-6$ m/s - $1.0E-7$ m/s), tiiveimmän moreenin sijaitessa alimpana. Moreenien yläpuolella on paikoin turpeita ja lajittuneita sedimenttejä (Salonen ym. 2018). Alueen vallitsevat moreenikerrokset toimivat hyvänä puskurina haitta-ainelähteiden (rikastushiekka) ja tehokkaan kulkeutumisreitit (ylempi rikkonainen kallioperä) välillä. Rikastushiekan sijoituspaikkavaihtoehtojen VE1a-b ja VE 2a-b väliin sijoittuu monimuotoisempi nuorempien lajittumattomien sedimenttien vyöhyke, joka myös sijaitsee osin painanteessa.

Selkeää erityisen suurta haitta-aineiden kulkeutumisen riskireittiä ei ole tarkastellun (suhteellisen laajan) aineiston perusteella tunnistettavissa. Haitta-aineiden kulkeutuminen suhteellisen tiiviissä moreenissa ei ole tehokasta. Konseptuaalisesti tarkasteltuna todennäköisimpänä kulkeutumiskenaarina voitaneen kaikesta huolimatta pitää haitta-ainepitoisen pohjaveden painumista rikkonaiseen kallioperään ($1.0E-5$ m/s - $1.0E-7$ m/s). Tämä tarkoittaisi mahdollisesti pidempimatkaista kulkeutumista mutta suurempaa laimenemisvaikutusta kuin maan pinnan läheisissä kerrostumissa. Lisäksi rikastushiekka-alueen alapuolelle muodostuvan pohjaveden pitoisuudet vastaavat sinkin ja kloridin osalta ylemmän kalliopohjaveden luonnollista pitoisuustasoa alueella.

Rikastushiekka-alueen alapuolella pohjaveteen kohdistuu keskisuuri pohjaveden tilaa heikentävä muutos. Läjityksen ja sen rakenteiden alueella alueen herkkyyks on kuitenkin vähäinen, joten vaikutuksen merkittävyys luokituu korkeintaan kohtalaiseksi. Toisaalta läjityksen ja sen rakenteiden alapuoliseen kohdistuvan muutoksen merkittävyyttä ei välttämättä ole mielekää arvioida muun ympäristön kaltaisin kriteerein. Läjitysalueen välittömässä läheisyydessä odotettavissa voi olla pieni negatiivinen muutos tai pohjavesivirtaussuuntien seurauksena ehkä pienialaisesti keskisuuri muutos. Sijoituspaikkavaihtoehdot huomioiden, alueiden herkkyyks ei ole suuri missään toteutusvaihtoehdoista VE1-3(a-b). Etäämmällä muutoksen koko pienenee, joskin herkkyyks kasvaa. Pääsääntöisesti voidaan siis päätellä, että vaikutus ei olisi merkittävä tai sen merkittävyys olisi vähäinen. Maanalaisen kaivoksen, maan pinnan läheisyydessä ei käytettävissä olevan tiedon valossa odoteta esiintyvän muutoksia, joiden vaikutukset olisivat merkittäviä.

9.3 Pintavesivaikutukset

Aktiivisen sulkemistyön aikana vaikutusten laatu, laajuus ja kohdistuminen muistuttavat pääsääntöisesti tuotannon aikaa. Kaivosalueen Kitiseen kohdistuvien pintavesivaikutusten oletetaan sulkemisen myötä vähenevän asteittain. Ensin siirrytään tuotannosta aktiivisten jälkihoitotoimenpiteiden vaiheeseen, jolloin alueelta poistetaan edelleen käsiteltyjä vesiä tuotannon aikaista purkureittiä hyödyntäen. Kun aktiiviset sulkemistoimet valmistuvat, puretaan vesienkäsittelyjärjestelmät. Lopulta alue siirtyy jälkitarkkailutilaan.

16.11.2020

Keskeisimpiä kuormitustekijöitä ovat alustavasti nikkeli, kloridi, sulfaatti ja sinkki. Aktiivisen sulkemisen aikana ja keskipitkällä aikavälillä myös kuormittajia ovat myös typpi ja mahdollisesti fosfori. Lisäksi vedet voivat poiketa korkeamman pH-arvonsa puolesta vastaanottavasta vesistöstä. Kuormitustyyppi vaihtelee jonkin verran sulkemistyön aikana, koska eri lähteistä tulevien vesien määrasuhteet muuttuvat. Käsiteltävien vesien määrä vähenee aktiivisen sulkemisen edetessä vähitellen. Aktiivisen sulkemisen aikana on kuitenkin käytössä tuotannon aikainen vesienkäsittelyjärjestelmä ja siten siis myös tuotantoaikaan vastaava puhdistamon suorituskyky.

Märkäläjäytysvaihtoehdoissa (VE1b, VE2b, VE3b) alueelle ei tule enää uusia prosessivesiä ja maanalaisten kaivoksen sekä tarvekilouhoksen kuivatukset lakkaavat. Tosin prosessivesien poistuminen rikastushiekka-alueelta voi kestää suhteellisen kauan. Kuivaläjäytysvaihtoehdoissa (VE1a, VE2a, VE3a) jäännösprosessiveden määrä läjityksessä on alun perinkin märkäläjäytystä vähäisempi.

Sulkemisen jälkeen alueelta lähtee pintavaluntana lähinnä ns. aluevesiä. Aluevesien haitta-ainepitoisuuksien oletetaan jäävän alhaisiksi. Matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueelta suotautuu vesiä vähin sekä sijoitusalueen alapuolelle että patoalueilla maan pinnan yläpuolelle. Sijoitusalueen alapuolelle päätyvien suotovesien kulkeutuminen tapahtuu pääsääntöisesti pohjavesiteitse. Patoalueen suotovesiä voi toimenpidevalinnoista riippuen kulkeutua pintavesistöihin myös pintavesiteitse. Vaihtoehdoissa VE1a-b ja VE2a-b sulkemisen jälkeisinä vastaanottavina vesistöinä toimivat Kelujoki ja Kitinen. Vaihtoehdossa VE3a-b vastaanottavana vesistönä on Kitinen. Näistä Kelujokea voitaneen pitää muutoksille jonkin verran herkempänä valuma-alueen koon (505 km²) ja siitä johtuvan virtaaman takia. Numeerista vaikutusarviota ei ole vielä laadittu (huomioiden kappaleessa 9.1 esitetyt syyt), mutta rikastushiekka-alueen alapuolelle muodostuvan pohjaveden laadun perusteella (kappale 5.2), suurta haitta-aineiden kulkeutumiseen liittyvää kuormaa ei ole odotettavissa. Tästä voidaan päätellä, että haittavaikutusten merkittävyys jäisi korkeintaan vähäiseksi kaikissa sijoituspaikkavaihtoehdoissa.

9.4 Luontovaikutukset

Sulkemisen vaikutukset maaluontoon ovat ensisijaisesti positiivisia: teollisuuskäytössä ollutta maa-alaa vapautuu luonnon prosesseille. Pinnanmuotojen säätelyllä ja kasvualustan käyttämisellä voidaan edistää mm. kasvittumisen suksessiota (kasvillisuustyyppien vaihteista kehittymistä) ja monimuotoisuutta. Mahdolliset negatiiviset vaikutukset liittyisivät haitta-aineiden kulkeutumiseen pohjavesiteitse ja purkautumiseen suoalueille. Viitaten yllä esitettyyn (kappale 9.2), vaikutusten merkittävyys jäisi vähäiseksi kaikissa toteutusvaihtoehdoissa VE1-3.

9.5 Sosiaaliset vaikutukset ja vaikutukset elinkeinoihin

Kaivoksen sulkemisen sosiaaliset vaikutukset ovat merkittävät kaikissa tarkasteltavissa vaihtoehdoissa. Kaivoksen sulkeminen ja lopulta myös aktiivisten sulkemistoimenpiteiden valmistuminen näkyvät työpaikkojen huomattavana vähenemisenä {verrattuna kaivoksen toimintavaiheeseen}, ellei seudulla synny korvaavaa toimintaa. Sulkemisen sosioekonominen vaikutus on vääjäämättä suuri ja korvaavan toiminnan puuttuessa herkkyyks olisi suuri. Näin ollen sulkemisen negatiivinen vaikutus {suhteessa toimintavaiheeseen} muodostuisi merkittäväksi asian negatiivisessa merkityksessä.

Kaivoksen sulkeminen poistaa kulkuesteitä ja helpottaa liikkumista erityisesti porotalouden näkökulmasta.

16.11.2020

Rikastushiekka-alueen mittasuhteet huomioiden, alueelle jäisi sulkemisen jälkeenkin melko suuri muutos, kulkemista rajoittavana maastonmuotona. Muutos kuitenkin kohdistuisi vähäisen herkkyyden alueeseen ja olisi merkittävyydeltään siksi kohtalainen. Verrattuna kaivoksen toimintavaiheeseen, sulkemisen aiheuttama muutos liikkumisesteenä olisi toki positiivinen. Eroja toteutusvaihtoehtojen VE1-3(a-b) välillä ei ole tarkasteltu.

9.6 Vaikutukset ilman laatuun

Vaikutukset ilman laatuun liittyvät aktiivisten sulkemistöiden vaiheeseen. Maa-ainesten siirtäminen ja siihen liittyvä liikenne voivat olla merkittäviä pölyn lähteitä. Pölyn lähteet ja kulkeutumissuunnat eri tuuliolosuhteissa vastaavat jokeenkin tuotannon aikaisia pölyn lähteitä ja kulkeutumissuuntia. Aktiivisen sulkemistyön jälkeen alkaa kasvittuminen ja pölyvaikutukset vähenevät, kunnes saavuttavat luonnontilamaisen tason.

Aktiivisen sulkemistyön aikana negatiivisia vaikutuksia ilmanlaatuun voi esiintyä ja ne ovat samantyyppisiä (ja oletettavasti melko samansuuruisia) rakentamis- ja toimintavaiheiden kanssa. Pitkällä aikavälillä, verrattuna kaivostoimintaa edeltävään tilanteeseen, ilmanlaadussa ei olisi muutosta. Eroja toteutusvaihtoehtojen VE1-3(a-b) välillä ei ole tarkasteltu.

10 Sulkemisvaiheen tarkkailun pääperiaatteet

Ensimmäisellä aikajaksolla (aktiivisten sulkemistoimenpiteiden aika) tarkkailu voidaan todennäköisesti pääosin kattaa toiminnan aikaisen tarkkailun soveltuvilla osilla. Mikäli sulkemistoimenpiteiden suunnittelussa havaitaan sulkemiseen liittyviä lisätarkkailutarpeita, tarkkailuohjelmaa päivitetään tarpeellisin osin. Tässä vaiheessa kuitenkin kuormituksen lähteitä poistuu, mikä voi vähentää asteittain myös tarkkailtavien kohteiden määrää.

Alustavasti arvioidaan, että aktiivisen sulkemisen aikana on tarvetta tarkkailla läjitysten, keskeisten rakenteiden ja hydrologisesti alapuolisen alueen pohjaveden pinnan tasoa /huokosvesipainetta. Rikastushiekka-alueiden sulkemista koskeissa suunnitelmissa (Anglo American 2019) esitetään tarpeellisiksi mm. värähdyslankapietsometrit. Näitä tarvitaan jo läjityksen rakentamisvaiheessa. Lisäksi alueelle asennetaan havaintoputkia. Tarkkailun lisäksi sijoitusalueilla suoritetaan mm. stabiliteettiin liittyviä auditointeja, joiden kuvaus laaditaan myöhemmässä vaiheessa.

Tuotannon aikaista ilmanlaadun ja pölyämisen tarkkailua jatketaan tarpeen mukaan, kunnes peitteet ovat valmistuneet ja alueet riittävästi kasvittuneet.

Aktiivisten sulkemistoimenpiteiden valmistuttua alkaa toinen aikajakso, jonka aikana kaivosalueen tila ei ole vielä vakaa. Esimerkiksi maanalaisen kaivoksen ja tarvekiven louhosjärven täyttyminen vedellä vievät aikaa. Näin ollen myös pohjaveden virtaussuuntien kääntyminen kaivostoimintaa edeltävää aika muistuttavaksi vie aikaa. Tässä vaiheessa tarkkailu kohdistuu mm. jäljellä oleviin potentiaalsiin kuormituslähteisiin ja kuormituksen vastaanottajiin (vesistö, pohjavedet), joskin tarkkailutiheys vähenee, mitä kauemmin sulkemisesta on kulunut aikaa. Tässä vaiheessa tarkkailutietojen avulla pyritään tarkistamaan myös ennusteet louhostilojen täyttymisaikataulusta, sillä kolmannen aikajakson alkaminen voi muuttaa tarkkailun tarpeita ja/tai kohdentumista toiseen aikajaksoon verrattuna.

16.11.2020

Kolmas aikajakso alkaa, kun maanalainen kaivos tai tarvekilouhos on täyttynyt vedellä ja pohjavesivirtaukset kääntyneet (ensiksi täyttyneessä). Kolmannen aikajakson alussa tuotettavien tarkkailutietojen on oltava sellaisia, joiden avulla on mahdollista tarkistaa arvioita haitta-aineiden kulkeutumisriskeistä. On myös huomioitava, että tämä vaihe on todennäköisesti varsin kaukana tulevaisuudessa.

Tarkkailuohjelman laadintaa ohjaavat sulkemissuunnittelusta saatavat tiedot, erityisesti tunnistetut vaikutukset ja riskit.

11 Kustannuslaskenta ja vakuusarvion laatiminen

Kustannukset ja vakuusarvio kaivannaisjätteen jätealueille esitetään sulkemissuunnitelmassa lupa-vaiheessa. Vakuusarvioon lasketaan työyksiköt ja yksikkökustannukset. Kokonaissumma lasketaan esimerkiksi viimeisimmästä ajantasaisesta maarakennuskustannustiedosta, vesienkäsittelyn kustannuksista, altain ym. alueiden purkamisen kustannuksista, tarkkailun kustannuksista sekä huollon ja aurauksen kustannuksista. Tässä suunnitelmassa esitettyjen toimenpiteiden tekninen ja taloudellinen toteutettavuus on varmistettu viimeisimmän kannattavuusarviointin (PFS-A) yhteydessä.

12 Varautuminen väliaikaiseen tai ennenaikaiseen sulkemiseen

12.1 Väliaikainen sulkeminen

Väliaikaisella sulkemisella viitataan tilanteeseen, jossa kaivostoiminta lakkaa tilapäisesti, esimerkiksi taloudellisista syistä. Tällöin kaivos siirretään hallitusti ns. huolto- ja ylläpito -tilaan. Tässä tilassa suoritetaan keskeiset ylläpitotoimet, jotka tarvitaan, mikäli varsinaisia sulkemistoimia ei käynnistettä. Tällaisia toimia ovat esimerkiksi kaivoksen kuivanapito, joka voi periaatteessa tapahtua myös osittaisena (maanalaiselle kaivokselle tai louhokselle määritetään maksimitaso, johon se saa täyttyä). Tällaisessa tasossa voidaan olettaa, että pohjavesivirtaukset kaivosalueella ovat edelleen louhokseen suuntautuvia. Myös esimerkiksi rikastamon huoltotyöt, ja vesienkäsittely jatkuvat tyypillisesti myös *huolto- ja ylläpito*-tilassa. Pyrkimys on pitää kaivosalue tilassa, joka mahdollistaa suhteellisen nopean tuotantoon palaamisen.

Väliaikaisessa sulkemisessa keskeisimpiä ympäristötoimenpiteitä on varmistaa, että puhtaiden vesien ja kohonneita haitta-ainepitoisuuksia sisältävien vesien erillään pitäminen onnistuu edelleen ja kohonneita haitta-ainepitoisuuksia sisältävät vedet käsitellään ennen purkua. Vesienkäsittelyä voidaan joutua säätämään uudelleen, koska käsittelyyn tulevien vesien määräsuhteet poikkeavat tuotantotilanteesta.

Väliaikaisessa sulkemisessa turvallisuus taataan ensisijaisesti rajoittamalla liikkumista alueella, lähinnä aitaamisen keinoin. Alue on käytännössä aidattu myös tuotannon aikana.

Väliaikaisen sulkemisen merkittävimpiin huolenaiheisiin kuuluu sulfidimineraalien hapettumisen edistyminen ja jätealueille varastoituvan helposti mobilisoituvan haitta-ainemäärän mahdollinen kasvu verrattuna sulkemissuunnittelutyössä arvioituun haitta-ainemäärään. Tähän riskitekijään kiinnitetään huomiota sulkemissuunnittelun edistytessä.

16.11.2020

12.2 Ennenaikainen sulkeminen

Mikäli kaivos suljetaan aikaisemmin kuin nykyinen tuotantosuunnitelma osoittaa, sulkeminen suoritetaan kuitenkin pääpiirteissään samalla tavalla kuin se suoritettaisiin suunnitellun mukaisena sulkemisajankohtana. Jättemäärät jäävät vähäisemmäksi ja maanalainen kaivos sekä tarvekilouhos pienemmiksi. Kaivannaisjätteen laatujen suhteet voivat poiketa arvioidusta lopputilanteesta jonkin verran. Pääsääntöisesti kaavailtujen sulkemistratkaisujen voidaan olettaa toimivan myös ennenaikaisessa sulkemisessa.

16.11.2020

13 BAT ja hyvät käytännöt

Tässä kappaleessa käsitellään hankesuunnitelmien vastaavuus parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (BAT), kaivannaisjätteen hallinnan eurooppalaisen referenssidokumentin (BREF-asiakirja) valossa. Lisäksi tarkastellaan hankesuunnitelmien suhdetta muihin keskeisiin hyviin käytäntöihin.

13.1 BAT-arvio

EU (EU, 2018) on hiljattain ottanut käyttöön päivitetyn BREF-asiakirjan kaivannaisjätteen hallinnasta. Keskeistä uudessa asiakirjassa on se, että BREF-asiakirjan uusi (nykyinen) versio on laadittu voimassa olevan direktiivin pohjalta (2006/21/EY).

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

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

BAT-päätelmät jaetaan kahteen ryhmään:

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

Sakatin sulkemissuunnittelu on toistaiseksi liian varhaisessa vaiheessa varsinaista BAT-tarkastelua silmällä pitäen, mutta alla (Taulukko 13-1) esitetään alustavasti keskeisten BAT-päätelmien liittymisen Sakattiin hankkeena. Lisäksi kommentoidaan yleisten BAT-päätelmien toteutumista Sakatin sulkemissuunnittelussa. Tarkastelu riskiperusteisia BAT-päätelmiä vasten ei sovellu hyvin tähän työvaiheeseen, jossa varsinaiset sulkemiskäytännöt ovat karkeita ja vaihtoehtoverailu keskittyy sijoituspaikka- ja läjitystapavaihtoehtojen vertailemiseen sulkemisen näkökulmasta yleisellä tasolla.

16.11.2020

Taulukko 13-1. Sakatin sulkemissuunnitelman BAT-kohdat, kursivoidulla eivät ole olennaisia sulkemissuunnitelman kannalta.

BAT		Alustavat kommentit Sakatin kaivoksen sulkemisen näkökulmasta
Geneeriset päätelmät		
BAT1	Hallintajärjestelmät	Anglo Americanilla on käytössään systemaattinen toimintamalli kaivosten sulkemissuunnittelun ja sulkemisen osalta. Mallissa sovelletaan myös toistuvia arviointoja ja auditointeja.
BAT2	Tiedon hallinta, jätteen karakterisointi	Kaivannaisjätteiden karakterisointi on aloitettu hankesuunnittelun varhaisissa vaiheissa ja sitä tarkennetaan edelleen.
BAT3	Jätteen ominaisuuksien seuranta ja verifiointi	
BAT4	Jätteen hallinnan vaihtoehtojen arviointi	Huomioiden, että pyrkimyksenä on, ettei sivukivi- ja pintamaaläjityksiä sekä korkearikkistä rikastushiekkaa jää toiminnan jälkeen maanpäälliseen sijoitukseen, matalarikkinen rikastushiekka muodostaa sulkemisen kannalta keskeisimmän tekijän. Matalarikkisen rikastushiekan läjittämisen vaihtoehtotarkastelussa on huomioitu konseptuaalisella tasolla myös sulkemisen jälkeinen aika. Keskeistä vaihtoehtoissa ovat sijoituspaikka sekä kuivaläjitys vs. märkäläjitys.
BAT5	Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi	Ympäristöriskien ja vaikutusten arviointi on keskeinen osa Sakatin sulkemissuunnittelun toimintatapaa. YVA-vaiheessa vaihtoehtoja ja alavaihtoehtoja on vielä lukuisia, mikä asettaa haasteita myös sulkemisen jälkeisten vaikutusten arvioinnille. Tästä johtuen YVA-vaiheessa keskitytään riskien tunnistamiseen ja vaihtoehtojen konseptuaaliseen vertailuun. Seuraavissa työvaiheissa edetään varsinaiseen riskinarviointiin ja numeeriseen vaikutustarkasteluun.
BAT 6, 7	Kaivannaisjätteen muodostumisen minimointi sekä ei-pysyvän ja vaarallisen kaivannaisjätteen muodostumisen vähentäminen	Kaavaillulle kaivostoiminnalle on ominaista louhostäyttäjien suuri tarve. Sivukiven on arvioitu kuluvan kokonaisuudessaan täyttöihin kaivoksen operatiivisen vaiheen aikana ja myös huomattava osa rikastushiekoista (ja mahdollisesti vesienkäsittelysakka) käytetään pastana louhostäytöissä. Tarvekiveä joudutaan jopa louhimaan. Ylijäämää muodostuu todennäköisesti ainoastaan matalarikkisestä rikastushiekasta.
Riskiperusteiset päätelmät		
BAT8	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	Hankkeen sulkemistyötä ei tässä vaiheessa arvioida riskiperusteisten BAT-päätelmien valossa. Menettely soveltuu paremmin työvaiheisiin, joissa sijoituspaikka- ja läjitystapavaihtoehtoja on karsittu ja pystytään säätämään sulkemistratkeus sijoitusalueiden lopullisiin ominaispiirteisiin (kun taas YVA-vaiheen tarkasteluissa on sovellettu samaa sulkemistratkeus esimerkiksi läjityksen sijainnista ja tarkoista dimensioista riippumatta.)
BAT9		
BAT10		
BAT11	Sulkemisen huomioiva kaivossuunnittelu	sulkemistratkeus esimerkiksi läjityksen sijainnista ja tarkoista dimensioista riippumatta.)
BAT12	Laadun valvonta	
BAT13	<i>Liittyvät jätealueiden ja niihin liittyvien patojen</i>	

16.11.2020

BAT14	<i>rakentamiseen ja operointiin</i>	
BAT15		
BAT16		
BAT17		
BAT18, BAT43, BAT46	Vesienhallinta	
BAT19	<i>Liittyy patojen mitoitukseen</i>	
BAT20 BAT21	<i>Liittyy ensisijaisesti toiminnassa olevien jätealueiden hallintaan</i>	
BAT22, BAT23, BAT24	Rakenteiden stabiliteetin tarkkailu	
BAT25 BAT26	Liittyy maanalaiseen kaivostoimintaan ja kaivannaisjätteiden maanalaiseen sijoittamiseen	
BAT27 BAT28 BAT29	<i>Liittyy läjityksen suunnitteluun ja operatiiviseen toimintaan</i>	
BAT30	<i>Liittyy erityisen alkaliseen kaivannaisjätteeseen</i>	
BAT31	Happaman metallipitoisen valuman ehkäiseminen	
BAT32 BAT33 BAT34	<i>Liittyvät itsestään-syttymisriskin omaaviin jätteisiin ja syanidipitoisiin jätteisiin sekä hiilivetypitoisiin porausjätteisiin</i>	
BAT35 BAT37 BAT40 BAT41 BAT48	Pohjaveden ja maaperän pilaantumisen estäminen ja tarkkailu	
BAT36	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	
BAT38	Peittorakenteet	
BAT39	Maaperän ja pohjaveden remediaatio	
BAT42 BAT43 BAT45 BAT46 BAT47	Pintavesivaikutusten ehkäisemisessä	
BAT44	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	
BAT49 BAT52	Pölyn ehkäiseminen ja tarkkailu	

16.11.2020

BAT50	Liittyvät ilmapäästöihin ensisijaisesti tuotannon aikana
BAT51	
BAT52	Liittyvät meluun ja hajupäästöihin
BAT53	
BAT55	Visuaalisten vaikutusten minimointi
BAT56	Liittyvät resurssitehokkuuteen ja luonnossa esiintyvien radioaktiivisten aineiden hallintaan
BAT57	

13.2 Muut hyvät käytännöt

Kappaleessa 1.2 kuvataan ICMM:n (2019) Integrated mine closure – oppaan suosittelemaa lähestymistapaa. Sakatin kaivoshankkeessa sulkemissuunnittelu on prosessina noudattanut tätä hyvää käytäntöä mm. seuraavilta osin:

- Tietämystä hankealueen erityispiirteistä on koottu systemaattisesti ja työn eri osa-alueilla on tarkasteltu tietopuutteita ja epävarmuuksia.
- Kaivosalueen sulkemiselle on jo alustavasti sovellettu yleisluontoista paikkakohtaista tavoiteasettelua ja tarkempaa paikkakohtaista tavoiteasettelua on valmistauduttu soveltamaan työn edetessä.
- Sijoitusalueiden suunnittelun yhteydessä on suunniteltu alustavasti myös sulkemistoimenpiteet (kaivoksen suunnittelun ja sulkemissuunnittelun integraatio)
- Riskien tunnistamista on käytetty päätöksenteon apuna sulkemissuunnittelussa.
- Väliaikainen ja ennenaikainen sulkeminen on huomioitu.
- Sulkemissuunnitelmat on kytketty hankkeen taloudelliseen/kannattavuus- tarkasteluun.

INAP:n Card Guide sisältää runsaasti ohjeistusta sulfidimalkaivosten valumien hallintaan (The International Network for Acid Prevention 2018). Myös tässä oppaassa erityisen keskeistä on laajentaa järjestelmällisesti tietämystä kohteen erityispiirteistä. Valumaan liittyvien riskien hallinta edellyttää mm. seuraavia karakterisointeja, jotka kaikki on toteutettu myös Sakatin kaivoshankkeessa:

- Kaivannaisjätteiden karakterisointi, sisältäen staattiset ja kineettiset kokeet ja mineralogian.
- Kohteen hydrologinen ja hydrogeologinen karakterisointi.
- Pohjaveden, pintaveden ja sedimenttien laatutiedot lähtötilanteessa ja nykytilanteessa.

Myös Gard Guide edellyttää huolellista tavoiteasettelua, karakterisointien soveltamista ennusteissa ja näihin pohjautuvaa toimenpidesuunnittelua. Lisäksi riskien arviointi ja hallinta ovat keskiössä. Tarkkailun ja seurannan tulee mahdollistaa konkreettisella tasolla tavoitteiden toteutumisen arviointi.

16.11.2020

14 Viitteet

- Anglo American 2013. The Mine Closure Toolbox, MCT
- Anglo American 2018. Closure Standard
- Anglo American 2019. Sakatti Cu-Ni-PGE project pre-feasibility study. Closure.
- Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S.M., Kauppila, P., Ketto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K.-M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012. Suomen ympäristökeskus.
- Australian Government, Department of Industry Tourism and Resources 2006. Mine closure and completion. 63 s.
- European Commission 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries.
- Geochemic 2020. Geochemical characterization of metallurgical test work process tailings samples from the Sakatti Ni-Cu-PGE Deposit, Finland
- GTK, 2019. AA Sakatti Mining Oy, Sakatin Kuusivaaran tarvekiven ympäristökarakterisointi.
- ICMM 2019. Integrated mine closure. Good practice guide, 2nd edition.
- INAP: The International Network for Acid Prevention (edit 2018). Gard Guide. www.gardguide.com
- Ilmatieteen laitos <https://ilmatieteenlaitos.fi/mennyt-saa-ja-ilmastotilastot>, tieto noudettu 8.8.2019
- Kratsov, T. 2017. Benefication test work for Anglo American Sakatti Mining Oy: Asbestos mineral in four composite ore samples. Outotec Research Center.
- Metsähallitus, luontoon.fi –palvelu. <http://www.luontoon.fi>, luettu 15.8.2019
- Muhonen, M. & Savolainen, M. 2013. Etelä- ja Keski-Lapin kulttuurimaisemat ja maisemanähtävyydet. Valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaiden alueiden päivitys- ja täydennysinventointi 2011-2013. Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
- Museovirasto 2009. Valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt RKY. http://www.rky.fi/read/asp/r_default.aspx, luettu 15.8.2019
- Neuffer, D., Stevens, C., Staines, R., Umedera, M. & McLeod, S. 2014. Investigating for dry stack tailings facility closure: multidisciplinary evaluation at the Pogo Mine, Alaska. Paste 2014. Jewell, R., Fourie P., Wells, P. & van Zyl, D. (toim.).
- Neuffer, D. & Scott, C. 2015. Dry stack tailings in cold regions: opportunities and constraints. Presentation in Alaska Miners Association Convention, November 2015.
- Paliskuntain yhdistys 2015. Kotisivu, 2015 [https://paliskunnat.fi/poro/wp-content/uploads/2015/05/poro-suomi_web.pdf]
- Pöyry Finland Oy 2018. AA Sakatti Mining Oy. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshanke. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma.

16.11.2020

- Räinä, P. (toim.) 2015. Kemijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosiksi 2016–2021. Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 89/2015. 158 s.
- Salonen, V. 2020. AA Sakatti Mining Oy. Yhteenvedoraportti Viiankiaavan hydrologiaan vaikuttavista tekijöistä.
- Salonen, V. 2019. Viiankiaavan ympäristön maaperän kehitys ja sen erityispiirteet. Salonen Environment. 43 s.
- Salonen, V., Valkama, M., Kultti, S. Åberg, A. & Koivisto E. 2018. Assessing basecase TMF-sites around Kuusivaara, Sodankylä. Report for AA Sakatti Mining. Salonen Environment & University of Helsinki/Dept. of Geosciences and geography.
- Sodanlän kunta 2018. Talousarvio 2019 - Taloussuunnitelma 2019 – 2021.
- Sodankylän kunta 2018a. Vuosiraportti 2018 ja Hyvinvointisuunnitelma 2019.
- SRK 2017. Sakatti Waste Rock Geochemical Characterisation – Main Report. July, 2017. Anglo American Sakatti Oy, sisäinen raportti.
- SRK 2018. Sakatti Waste Rock ARD Week 40 Humidity Cell Update and Recommendations Memo. AngloAmerican Sakatti Oy, sisäinen raportti.
- SRK 2018a. Tailings Site Selection and Alternatives Trade off. Sakatti Tailings PFS-A Study. Anglo-American Sakatti Oy, sisäinen raportti.
- SRK 2018b. Tailings geochemical characterisation report for the Sakatti Cu-Ni-PGE-Au deposit, Finland.
- SRK 2019. Sakatti PFS-A Tailings Storage Facility Design Report. AngloAmerican Sakatti Oy, sisäinen raportti.
- SRK 2019a. Sakatti Cu-Ni-PGE project. Pre-feasibility study. Water management.
- Suomen ympäristökeskus 2017. Avoin data;
a) Hertta-tietojärjestelmä http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotieto-jarjestelmat
b) Karpalo-karttapalvelu http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Karttapalvelut
- Tilastokeskus 2017. Statfin-tilastotietokannat.
- Työterveyslaitos 2017. AA Sakatti Mining Oy, Työhygieeninen esiselvitys, lausunto vaiheesta 3: koemurskaus. Lausunto TYHYG 2018 375090.
- Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto 2017. Kaivosvastuujärjestelmän toimintaperiaatteet, osa 'Kaivoksen sulkeminen'. <https://www.kaivosvastuu.fi/>.
- Vuori, K-M., Mitikka, S. & Vuoristo, H. (toim.) 2009. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Osa I: Vertailuolot ja luokan määrittäminen, Osa II: Ihmistoiminnan ympäristövaikutusten arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2009. Suomen ympäristökeskus. 120 s.
- Wedepohl, K. 1978. Copper 29B-29O, teoksessa Handbook of Geochemistry, Vol II/3. Toim. Wedepohl, K.
- Ympäristöhallinto <http://www.ymparisto.fi/pintavesientila>, luettu 9.8.2019
- Åberg, S., Korkka-Niemi, K., Rautio, A., Salonen, V-P. & Åberg, A. 2019. Groundwater recharge and discharge patterns in a sedimentary aquifer along the River Kitinen in Sodankylä, Northern Finland. Arvioitavana, Boreal Env. Res.