

Liite 6



Sotkamon hopeakaivoksen sulkemissuunnitelma

Sotkamo Silver Oy

Projektinnumero: 101017280

31.3.2022



Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
2	Sulkemissuunnittelun eteneminen ja tarkistuskäytännöt	6
2.1	Yleiset sulkemissuunnittelun periaatteet	6
2.2	Sotkamo Silverin sulkemissuunnittelutilanne ja etenemistapa	8
3	Olemassa oleva kaivostoiminta	9
3.1	Malmin louhinta	10
3.1.1	Avolouhinta	10
3.1.2	Maanalainen louhinta	10
3.2	Malmin rikastaminen	11
4	Kaivoksen sijainti ja ympäristö	12
4.1	Sijainti	12
4.2	Geologia	12
4.3	Pohjavesiolosuhteet	13
4.4	Vesistöt	14
4.4.1	Veden laatu ja virtaamat	14
4.4.2	Kalasto ja kalastus	19
4.4.3	Pohjaeläimistö	21
4.5	Ilmasto-olosuhteet	22
4.6	Luonto ja suojelukohteet	22
4.6.1	Kasvillisuus	22
4.6.2	Eläimistö	23
4.6.3	Luonnonsuojelualueet	23
4.7	Asutus ja elinkeinot	23
4.8	Maisema ja kulttuuriympäristö	24
4.9	Alueen kaavoitus	24
4.9.1	Maakuntakaava	24
4.9.2	Yleiskaava	25
4.9.3	Asemakaava	25
5	Kaivannaisjätteiden ominaisuudet	25
5.1	Tutkimusmenetelmät	25

5.2	Pintamaan ominaisuudet.....	26
5.2.1	Fysikaaliset ominaisuudet	26
5.2.2	Geokemialliset ominaisuudet	26
5.3	Sivukiven ominaisuudet.....	27
5.3.1	Fysikaaliset ominaisuudet	27
5.3.2	Mineralogia	27
5.3.3	Geokemialliset ominaisuudet	28
5.3.4	Liukoisuusominaisuudet ja arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä.....	29
5.3.5	Radiologiset ominaisuudet ja kuitumineraalit	31
5.3.6	Sivukiven vaaraominaisuuksien arviointi	31
5.3.7	Sivukivinäytteiden edustavuus.....	34
5.4	Rikastusjännösten ominaisuudet	35
5.4.1	Fysikaaliset ominaisuudet	35
5.4.2	Mineralogia	35
5.4.3	Geokemialliset ominaisuudet	36
5.4.4	Rikastushiekan ja prosessiveden kemikaalijäämät	38
5.4.5	Liukoisuusominaisuudet ja arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä.....	39
5.4.6	Radiologiset ominaisuudet ja kuitumineraalit	40
5.4.7	Prosessivedet	41
5.4.8	Rikastushiekan ja pyriittirikasteen vaaraominaisuuksien arviointi	41
5.4.9	Rikastushiekka- ja pyriittinäytteiden edustavuus.....	43
5.5	Selkeytysaltaiden pohjalietteen ominaisuudet.....	43
5.6	Vesienkäsittelyssä muodostuvat sakat.....	44
5.6.1	Geokemialliset ominaisuudet	44
5.6.2	Liukoisuusominaisuudet ja arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä.....	46
5.6.3	Vaaraominaisuuksien arviointi	48
5.7	Vesienhallinta.....	49
6	Kaivannaisjätteiden jätealueet ja niiden pohjarakenteet sekä jätealueiden luokitukset	50
6.1	Kaivannaisjätteen jätealueen määritelmä.....	50
6.2	Pintamaan läjitysalueet	51
6.3	Sivukivialue	51
6.3.1	Sivukivialueen käyttö	51
6.3.2	Sivukivialueen pohjarakenne	51
6.3.3	Sivukivialueen luokitus	52

6.4	Rikastushiekka-allas.....	52
6.4.1	Rikastushiekka-altaan käyttö.....	52
6.4.2	Rikastushiekka-altaan padot.....	52
6.4.3	Rikastushiekka-altaan pohjarakenne	53
6.4.4	Rikastushiekka-altaan luokitus.....	54
6.5	Pyriittiallas.....	54
6.5.1	Pyriittialtaan käyttö.....	54
6.5.2	Pyriittialtaan padot ja pohjarakenne	54
6.5.3	Pyriittialtaan luokitus.....	55
6.6	Kaivannaisjätealueiden pohjatutkimukset.....	55
7	Sulkemisen jälkeisen tilan konseptuaaliset mallit.....	55
7.1	Konseptualisoinnin tarkoitus.....	55
7.2	Rikastushiekka-alueen konseptuaalinen malli	56
7.3	Pyriittialtaan konseptuaalinen malli	57
7.4	Hydrologinen käsitteellistäminen.....	58
8	Riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen suunnittelun alkaessa.....	60
9	Sulkemista koskevat vaatimukset	62
9.1	Kaivoksen sulkemista koskeva lainsäädäntö	62
9.2	Hyviä käytäntöjä kaivoksen sulkemisessa	63
9.3	Sijaintikohtaiset vaatimukset.....	63
10	Sulkemisen tavoitteet	65
11	Sulkemistoimenpiteet	67
11.1	Avolouhos ja maanalainen kaivos.....	67
11.1.1	Avolouhoksen sulkemistoimenpiteet	67
11.1.2	Louhosjärven muodostuminen ja toiminta	68
11.2	Pintamaiden läjitysalue.....	68
11.3	Sivukivialue	69
11.4	Rikastushiekka-allas.....	69
11.5	Pyriittiallas.....	71
11.6	Teollisuusalue ja infrastruktuuri.....	73
11.7	Vesien johtamiseen ja käsittelyyn liittyvät rakenteet	74
12	Sulkemisaikataulu	76
13	Sulkemisen aikaiset ja jälkeiset vaikutukset ympäristöön ja ihmisiin.....	76

13.1	Vaikutukset ilmanlaatuun.....	76
13.2	Kuvaus maaperään, pintaveteen ja pohjaveteen suuntautuvasta kuormituksesta	77
13.3	Vaikutukset maaperään ja pohjaveteen	77
13.4	Vesistövaikutukset	78
13.4.1	Vedenlaadun tavoitteet.....	78
13.4.2	Vesistöjen herkkyys	79
13.4.3	Alustava kuvaus vesistövaikutuksista	79
13.5	Vaikutukset kasvillisuuteen, eläimistöön ja suojelualueisiin	83
13.6	Vaikutukset maisemaan.....	83
13.7	Melu- ja värinävaikutukset	84
13.8	Liikennevaikutukset	84
13.9	Vaikutukset ihmisiin ja yhteiskuntaan	84
14	Jäännösriskien arviointi hallintatoimenpiteiden valinnan jälkeen.....	84
15	Arvio BAT-päätelmien huomioimisesta	85
16	Tarkkailu.....	86
16.1	Sulkemistyön aikainen tarkkailu.....	86
16.2	Sulkemisen jälkeinen tarkkailu	87
17	Sulkemiskustannusten ja vakuuksien arviointi	87
18	Väliaikainen ja ennenaikainen sulkeminen	88
18.1	Väliaikainen sulkeminen	88
18.2	Ennenaikainen sulkeminen	88
19	Sulkemissuunnitelman tarkentaminen ja päivittäminen	89
20	Lähdeluettelo.....	89

Liitteet

1. Hydrys-raportti, rikastushiekka
2. Source term -raportti, sulkemisen jälkeinen
3. Louhosjärvimalli
4. BAT-taulukko
5. Vakuusarvio



Tiedoston historia

Pvm	
31.3.2022	Sulkemissuunnitelma AFRY Finland Oy
27.1.2020	Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma, Ramboll
3.10.2018	Liite 8 Vakuuslaskelma, Envineer Oy
23.11.2018	Liite 9 Sulkemisen periaatekuvat ja tyyppipoikkileikkaukset, Pöyry Finland Oy

1 Johdanto

Tässä asiakirjassa esitetään Sotkamo Silver Oy:n kaivosalueen sulkemista ja sulkemisen jälkeistä aikaa koskeva päivitetty sulkemissuunnitelma. Suunnitelmaan sisältyvät kaivosalue sekä kaivannaisjätealueet. Lisäksi suunnitelmassa käsitellään muut kaivostoimintaa tukevien toimintojen alueet ja sulkemisvaiheen vesienkäsittely.

Alustava sulkemissuunnitelma (vakuuslaskelma ja sulkemisen periaatekuvat sekä tyyppipoikkileikkaukset) on esitetty vuonna 2018 (päivitetty 27.1.2020) laaditun kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman liitteinä 8 ja 9.

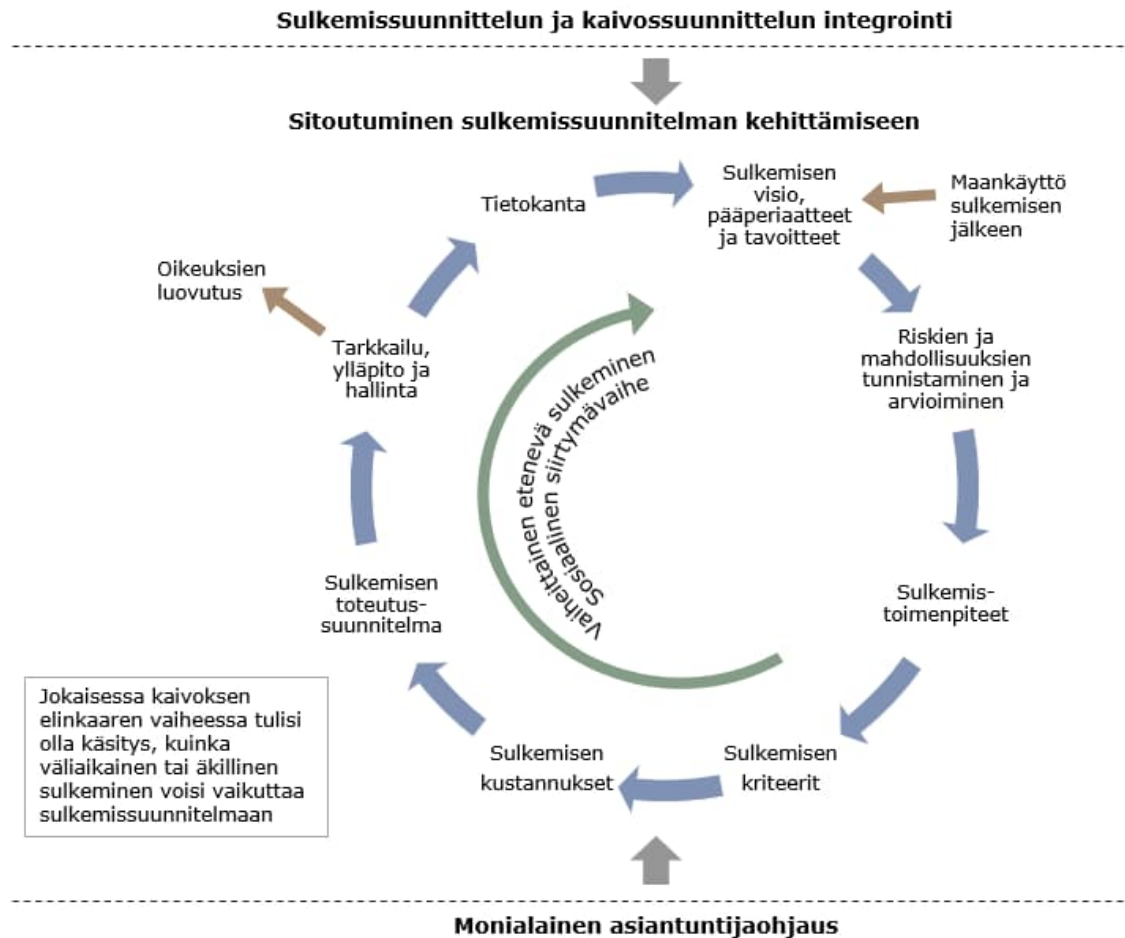
Suunnitelmaa päivitetään kaivoksen toiminnan aikana ja se viimeistellään lopulliseksi sulkemissuunnitelmaksi ennen kaivoksen sulkemista.

2 Sulkemissuunnittelun eteneminen ja tarkistuskäytännöt

2.1 Yleiset sulkemissuunnittelun periaatteet

Yleisten kansainvälisten suositusten mukaan sulkemissuunnittelu tarkentuu vaiheittain ja päivitysten kautta (mm. ICMM, 2019, Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto, 2017). Sulkemissuunnittelu on iteratiivinen prosessi, jossa tunnistetut riskit ja vaikutukset ohjaavat työtä (ICMM 2019). Sulkemissuunnitelma tarkentuu vaiheittain hankesuunnittelun ja aluetta koskevien tietojen tarkentuessa (Kuva 2-1).

Vaiheittain tarkentuessa sulkemissuunnittelussa tarkistetaan kaavailtujen sulkemistoimenpiteiden riittävyys aina vaikutusten- ja riskinarviointien tarkentuessa. Ensimmäinen sulkemistoimenpiteiden suunnitelma perustuu kokemuseräiseen arviointiin ja esimerkiksi peittorakenteita koskeviin BAT-päätelmiin. Ensimmäinen toimenpideratkaisu tarkastetaan arvioimalla millaiset ympäristövaikutukset ja jäännösriskit liittyvät kohteeseen, jos se suljetaan toimenpideratkaisun mukaisesti. Jos vaikutukset tai jäännösriskit eivät ole hyväksyttävissä, palataan toimenpidesuunnitteluun ja laaditaan paranneltu toimenpideratkaisu. Jälleen arvioidaan vaikutukset ja riskit. Riskien ja vaikutusten ja arviointi on osa sulkemissuunnittelua myös BAT-päätelmien mukaan: esimerkiksi peittorakenteita käsittelevät parhaat käytännöt (BAT 38) viittaavat vaikutusarvioinnin ja riskinarvioinnin tarpeeseen, BAT 5 (EC 2018).



Kuva 2-1. Kaivoksen sulkemissuunnittelun syklisyys ja vähitellen tarkentuva luonne ICMM:n (2019) mukaan.

Ympäristövaikutusten arviointivaiheessa sulkemisen jälkeisten numeeristen kuormitus- ja vaikutusarvioiden laatimista estää usein vaihtoehtojen määrä, huomioiden numeerisen arvioinnin hitauden ja koostumisen lukuisista peräkkäisistä työvaiheista. Ympäristölupavaiheessa numeerinen vaikutusarviointi on tarpeen, jotta voidaan vahvistaa kaavailtujen sulkemistoimenpiteiden riittävyys siten, että esimerkiksi vastaanottavan vesistön tila ei vaarannu sulkemisen jälkeen. Lisäksi lupavaiheessa täytyy tuottaa tiedot sulkemisen kustannuksista sillä tarkkuudella, että vakuusarvio on mahdollinen.

Sulkemissuunnitelmaa tarkistetaan ja päivitetään säännöllisesti myös tuotantovaiheessa. Tuotannon aikana sulkemissuunnitelman päivitystarpeen voi laukaista myös muutos kaivoksen toiminnassa. Sulkemisvaiheen lähestyessä, yksityiskohtaisessa sulkemissuunnitelmassa numeeriset arviot ovat niin tarkkoja, että niiden perusteella voidaan suorittaa sulkemistyön urakkahankinnat ja määritellä toimeenpanon kone- ja työvoimatarpeet yksityiskohtaisine aikatauluineen.

2.2 Sotkamo Silverin sulkemissuunnittelutilanne ja etenemistapa

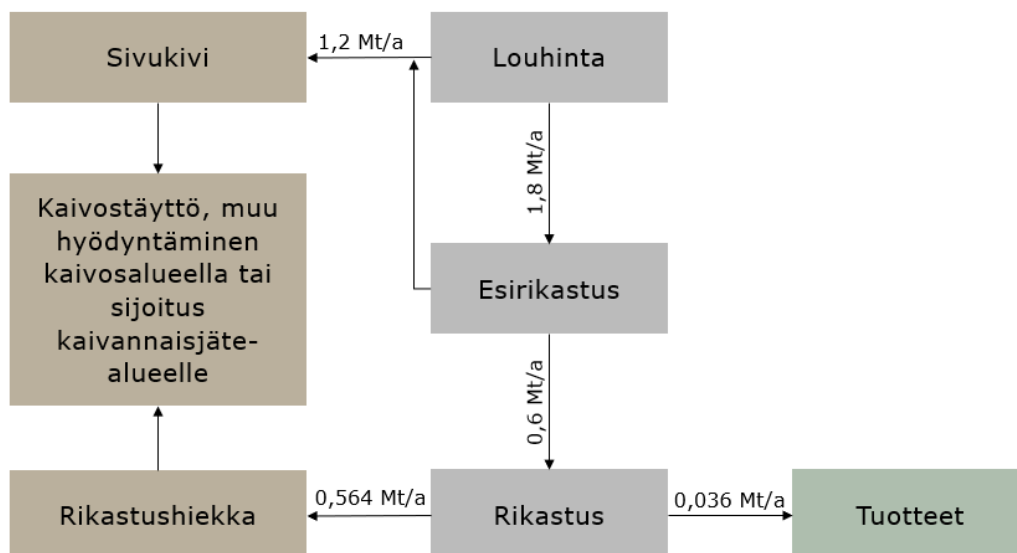
Sotkamo Silver Oy:n hopeakaivoksen sulkemissuunnittelun lähestymistapa noudatti alla kuvattavaa kaavaa:

- Sulkemissuunnittelu alkaa välttämättömien taustatietojen kokoamisesta. Tarvitaan tietoja alueen perustilasta, suunnitellusta kaivostoiminnasta, jätelaaduista, louhoksesta ja maanalaisesta kaivoksesta sekä rikastustoiminnasta. Alueen sulkemisen jälkeinen tila käsitteellistetään, mikä tarkoittaa, että tunnistetaan osakohteiden (louhos, rikastushiekka-alue jne.) sisäiset prosessit sekä vaikutukset ympäristönsä kanssa. Lisäksi tunnistetaan osakohteiden vuorovaikutus toistensa kanssa sekä koko kaivosalueen vuorovaikutus ympäristönsä kanssa.
- Asetetaan tavoitteet sulkemiselle.
- Laaditaan toimenpidesuunnitelma.
 - o Ensimmäinen toimenpidesuunnitelmaluonnos laaditaan aiemman sulkemissuunnitelman sekä käsitteellistämisen ja riskien tunnistamisen pohjalta.
 - o Toimenpideluonnosta editoidaan, mikäli maaperä-kasvillisuus-ilmastomallin (liite 1) valossa siihen havaitaan tarvetta. Editointitarve tarkoittaa esimerkiksi sitä, että rikastushiekka-alueen peittorakenne jää osana läjitysprofiilia liian tehottomaksi (liian kuivaksi estääkseen hapen kulkeutumista).
 - o Editoidun toimenpideluonnoksen pohjalta laaditaan massalaskenta ja vakuusarvio (liite 5)
- Arvioidaan osakohteiden vesien laadut ja määrät.
 - o Kaivannaisjätealueiden vesien laadun ja määrän arviointi (geokemiallinen mallinnus, liite 2) edellyttää, että kaivannaisjätealueille on olemassa ainakin alustavat suunnitelmat dimensioineen sekä ehdotus peittorakenteeksi. Lisäksi tarvitaan tietoja vesimäärästä (maaperä-kasvillisuus-ilmastomallinnus läpivirtaaman ja vedelläkylästyneisyysasteiden lähdetietona, lietepumppausmäärät, suora sadanta ja haihdunta)
 - o Louhosjärven mallintaminen (liite 3) edellyttää louhokseen tulevien vesijakeiden laadun ja määrän tuntemisen. Tämä käsittää sekä ylemmät pohjavedet että syväpohjavedet, louhosjärven valuma-alueella sijaitsevien läjitysten suotovedet, louhosseinämän kontaktivedet sekä louhostäyttöjen kontaktivedet (mikäli louhosjärvi on yhteydessä maanalaiseen kaivokseen)
 - o Eri osakohteiden kuormat yhdistetään sulkemisen jälkeiseksi kuormataseeksi, jonka pohjalta voidaan laatia vaikutusarviot.
- Riskien tarkastelua suoritetaan kahdessa vaiheessa.
 - o Sulkemistoimenpiteiden suunnittelun aloittaminen edellyttää riskien tunnistamista alustavalla tasolla.
 - o Jäännösriskien arviointi taas suoritetaan valmiille toimenpidesuunnitelmille.

Sotkamo Silver Oy:n hopeakaivoksen sulkemisen jälkeiseen tilanteeseen on aiemmin suunniteltu alustavat peittorakenteet sekä rikastushiekka- että pyriittialtaalle. Tämän jälkeen on aloitettu kaivannaisjätteiden systemaattinen karakterisointi (AFRY Finland Oy 2020) sekä tarkkailun yhteydessä tehtävä perusanalytiikka (AFRY Finland Oy 2021). Tässä sulkemissuunnitteluvaiheessa on rikastushiekka-altaan peittorakennetta muokattu vastaamaan paremmin jätteen ominaisuuksia.

3 Olemassa oleva kaivostoiminta

Sotkamo Silver Oy:n hopeakaivoksen tuotanto on aloitettu maaliskuussa 2019. Kaivosalueella työskentelee Sotkamo Silver Oy:n ja urakoitsijoiden palveluksessa yhteensä noin 120 henkilöä. Kaivoksen tuotantoprosessi koostuu seuraavista päävaiheista: louhinta ja kuljetus, murskaus, esirikastus, jauhatus, vaahdotusrikastus, kuivaus ja varastointi. Kuvassa (Kuva 3-1) on esitetty tuotantoprosessin massatase. Kokonaislouhintamäärällä 1,8 Mt/v rikastuksen maksimikapasiteetti on 600 000 t/v. Tällöin sivukiveä muodostuu keskimäärin noin 1,0 Mt/v. Luvut on esitetty yksityiskohtaisemmin taulukossa (Taulukko 3-1) (luvut 1 000 t/v). Kaivoksen toiminta-ajaksi on arvioitu noin 9 vuotta.



Kuva 3-1. Tuotantoprosessin massatase rikastamon maksimikapasiteetilla 600 000 t/a.

Taulukko 3-1. Kaivoksen massatase (1000 t/v) toiminta-aikana.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	Koko toiminta-aika yht.
Kokonaislouhintamäärä (max)	574	760	800	1050	1050	1050	950	800	189	7223
Malmi	343	543	500	500	500	500	450	500	89	3925
Rajamalmi	100	89	100	200	200	200	300	200	100	1489
Esirikastuksen hylkykivi	0	0	5	100	100	100	150	100	50	605
Louhittava sivukivi	131	128	195	350	350	350	200	100	0	1804
Hyötykäytettävä sivukivi	131	128	200	320	320	320	320	320	350	2409
Läjitettävä sivukivi	0	0	0	130	130	130	30	-120	-300	0
Rikastamon syöte	343	543	600	600	600	600	600	600	139	4625
Pyriitti	2	7	16	16	16	16	16	16	4	109
Rikastushiekka	332	524	564	564	564	564	564	564	131	4371

3.1 Malmin louhinta

3.1.1 Avolouhinta

Avolouhinta on aloitettu malmin pintapuhkeamasta. Louhintaa tullaan jatkamaan myöhemmin uudelleen. Nykyarvion mukaan avolouhoksen suurin pituus tulee olemaan noin 360 metriä, suurin leveys yläosasta noin 125 metriä ja suurin syvyys noin 60 metriä. Avolouhoksen pinta-ala on noin 4 hehtaaria.

Avolouhoksesta tämän hetken tiedon mukaan louhittava malmimäärä on noin 400 000 t. Lisäksi ns. rajamalmia louhitaan 200 000 t. Avolouhoksen kokonaislouhintamäärä noin 1,7 Mt.

3.1.2 Maanalainen louhinta

Maanalainen louhinta ulottuu useiden satojen metrien syvyyteen. Louhintamenetelmä on pitkittäinen tai poikittainen avoin pengerlouhinta. Louhosten stabiliteetin turvaamiseksi voidaan kaikki tai osa louhoksista täyttää louheella. Maanalainen kaivos koostuu kooltaan noin 5 x 5 metriä suuruisesta vinotunnelista, joka ulottuu toimintavuonna 9 noin 500 metrin syvyyteen. Vinotunnelin pituus toiminnan lopussa on 4 km ja lisäksi louhittavia periä on 26 km. Maanalaisen kaivoksen tuuletusnousu on halkaisijaltaan noin 2,2 metriä ja ulottuu tällä hetkellä maanpinnalta noin 340 metrin syvyyteen. Toiminnan lopussa tuuletusnousu ulottuu kaivoksen pohjalle.

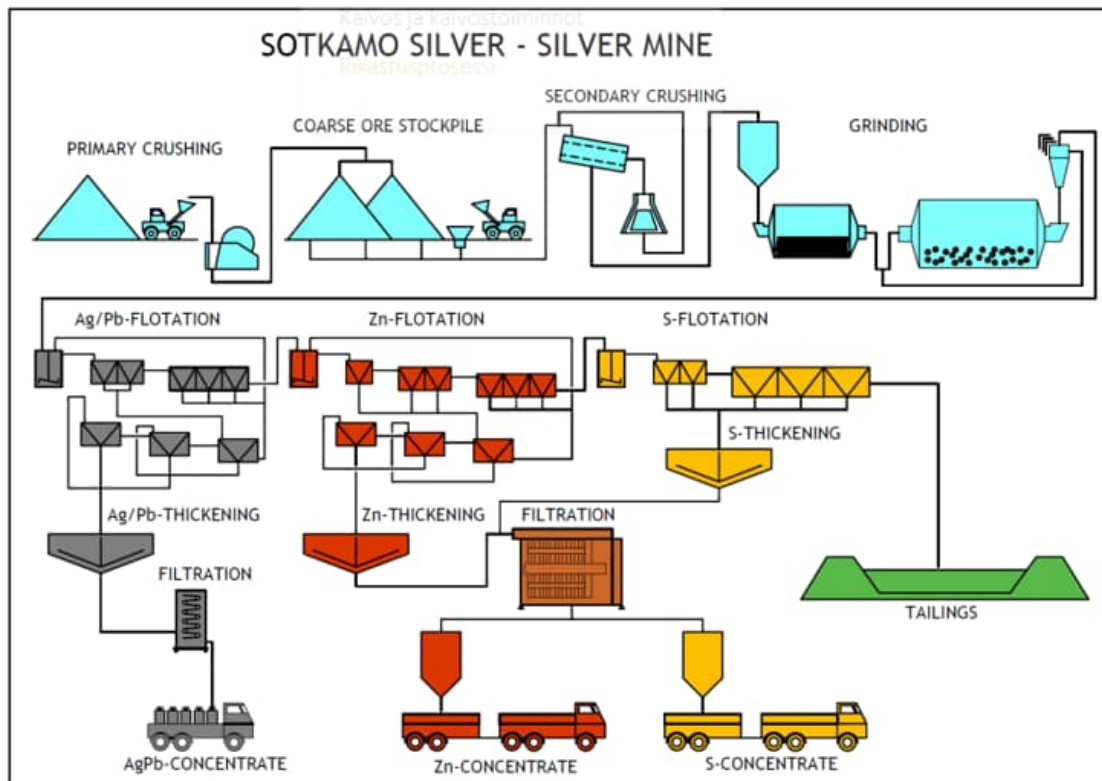
Kokonaislouhintamäärä maanalaisessa kaivoksessa on enimmillään 750 000 tonnia vuodessa. Tämän hetken suunnitelmien mukaan alin louhintataso tulee olemaan -500

metriä. Sekä malmi että sivukivi kuormataan maansiirtoautoihin, jotka kuljettavat ne joko murskaamon yhteydessä olevalle malmilouheen välivarastointialueelle, sivukiven läjitysalueelle tai suoraan maan alle täytettävään louhokseen. Malmilouhe murskataan ennen syöttämistä rikastusprosessiin.

Tuotantolouhinnan lisäksi maan alla louhitaan tuotanto-, yhdys- ja tuuletusperiä sekä vinotunnelia kaivoksen syventämisvaiheessa.

3.2 Malmin rikastaminen

Rikastuksen päävaiheet ovat murskaus, esirikastus, jauhatus, kolmivaiheinen vaahdotus ja syntyvän rikasteen vedenpoisto. Rikastamon prosessikaavio on esitetty alla kuvassa (Kuva 3-2). Rikastamon prosessista saadaan tuotteena kolmea rikastetta: hopea-kultalyijy (4 000 t/v), sinkki-hopea (8000 t/v) ja hopea-pyriitti (10 000 t/v).



Kuva 3-2. Prosessikaavio.

4 Kaivoksen sijainti ja ympäristö

4.1 Sijainti

Sotkamon hopeakaivoksen hankealue sijaitsee Kainuussa, Sotkamon kunnassa, n. 40 km Sotkamon kirkonkylältä kaakkoon Tipasjärvien eteläpuolella.



Kuva 4-1. Hopeakaivoksen sijainti.

4.2 Geologia

Hopeakaivos sijoittuu Tipasjärven vihreäkivivyöhykkeelle, joka on Kuhmo-Suomussalmen vihreä-kivivyöhykkeen eteläisin osa, hieman erillään päävyöhykkeestä. Malmiesiintymän isäntäkivi ja sitä ympäröivä sivukivi koostuvat felsisestä metavulkaniitista. Ympäristönsuojelun kannalta huomionarvoisia mineraaleja ovat sulfidimineraalit sekä tremoliitti-aktinoliitti.

Kaivosalueelle ei sijoitu merkittäviä kallioperän ruhje- tai siirrosvyöhykkeitä. Havaitut ruhjeet ovat paikallisia, eikä niillä ole yhteyttä laajempiin ruhjevyöhykkeisiin. Kaivostunnelin rako- ja ruhjekartoituksessa havaitut rakosuunnat vastaavat alueellisen aineiston perusteella tulkittuja rako- ja ruhjesuuntia. Geoteknisesti kaivoksen kallioperä on hyvälaatuista, eli kallio on ehjää ja rakojen määrä on keskimääräistä pienempi.



Alueen maaperä koostuu pääasiassa moreenista (Mr). Alueella esiintyy drumliineja, jotka ovat pohjamoreenista syntyneitä jäätikön liikkeen suuntaisia selänteitä. Alueen pohjamoreenin vedenläpäisevyys on heikko. Moreenimuodostumien väliset painanteet ovat soistuneita ja kaivosalueen pinta-alasta on noin 20–30 % on suoalueita. Turvepaksuus kaivosalueen soilla on keskimäärin 2–3 metriä.

4.3 Pohjavesiolosuhteet

Hopeakaivos ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella. Lähin pohjavesialue (Kukko-harju 1176518) sijaitsee lähimmillään noin kolmen kilometrin etäisyydellä kaivoksesta lounaaseen. Kaivoksen välittömässä läheisyydessä ei ole talousvesikäytössä olevia kaivoja. Lähin asutus, jossa vedenhankinta perustuu omiin kaivoihin, sijaitsee yli kilometrin etäisyydellä kaivokselta koilliseen Kissanimentien varressa. Kaivosalueelta ei ole pohjaveden virtausyhteyttä kyseiselle alueelle. Pohjaveden virtaus suuntautuu kaivosalueelta Pieni Tipasjärven suuntaan.

Alueella muodostuva pohjavesi varastoituu pääosin kallion yläpuoliseen irtomaakerrokseen. Pohjaveden virtauksen ja kulkeutumisen kannalta kallioperän ruhjeilla on siten vähäinen merkitys. Kaivostunnelista tehtyjen havaintojen mukaan pohjavettä purkautuu tunneliin ennen kaikkea ensimmäisen sadan metrin matkalla, tämän alapuolella tunneliin purkautuvan veden määrä vähenee ja 150 metrin alapuolella tunneli on hyvin kuiva. Maanalaiseen kaivokseen kertyvän kalliopohjaveden laatua on seurattu tarkkailemalla kaivoksen lähtevää vettä, josta kuivatusvesi muodostaa suurimman osan. Hopeakaivoksen toiminnan alkuvaiheessa avolouhos on pysynyt kuivana, eikä avolouhoksesta ole ollut tarpeen pumpata lainkaan kuivanapitovesiä puhdistettavaksi. Tämä on todennäköisimmin seurausta maanalaisen kaivoksen kuivatuksesta, joka pitää myös maanpäällisen avolouhoksen kuivana.

Pohjavesiputkien vesi oli vuoden 2020 tarkkailussa väriltään hyvin tummaa ja sameaa, ja vedellä oli yleensä korkea kemiallinen hapenkulutus. Alueen pohjavesiputkien vesissä oli tulosten mukaan runsaasti rautaa, mangaania ja sinkkiä sekä ammoniumtyyppiä. Moninkertaisesti ympäristölaatunormia (60 µg/l) ylittäviä sinkkituloksia mitattiin lähes kaikissa pohjavesiputkissa. Talousvesille asetettu enimmäispitoisuus raudalle (400 µg/l) ylittyi moninkertaisesti jokaisessa pohjavesiputkessa ja lähes kaikissa näytteissä. Pohjavesiputkessa 303 rautapitoisuudet olivat alhaisempia kuin muualla. Vastaavasti alueen pohjavesissä oli pääosin alhaiset sulfaatti-, antimoni-, arseeni-, kadmium- sekä sähkönjohtavuusarvot. Talousvesikaivojen näytteet täyttivät pääosin STM:n asetuksessa 401/2001 yksityistalouksien kaivovedelle asetetut laatuvaatimukset ja -suositukset. (AFRY Finland Oy 2021)

Alueen kallioperä koostuu liuske- ja vulkaniittijaksosta, jonka seassa on runsaasti rautaa sisältäviä BIF- välikerroksia (BIF = banded iron formation). Lisäksi alueen läpi kulkee mustaliuskejaksoja, joista osa on vahvistettu kairanäytteistä. Mustaliuske on grafiitti- ja rikkiptoinen kivilaji joka sisältää tyypillisesti suuria määriä metalleja kuten mangaania,



nikkeliä, sinkkiä ja kuparia, yleensä kiisujen (sulfidimineraalien) muodossa. On hyvin mahdollista, että kallioperän laatu vaikuttaa pohjaveden laatuun, aiheuttaen luontaisesti esiintyvät kohonneet metallipitoisuudet. (AFRY Finland Oy 2021)

4.4 Vesistöt

Kaivosalue sijaitsee vedenjakaja-alueella. Pääosa kaivosalueesta sijaitsee Tipasjoen valuma-alueella (59.85) ja pieni osa Sapsojoen valuma-alueella (59.87). Molemmat edellä mainitut valuma-alueet yhdistyvät Sotkamon kuntakeskuksen kohdalla Pirttijärvessä, josta vedet laskevat edelleen Tenettiä pitkin Nuasjärveen. Voimassa olevan ympäristöluvan mukaisesti kaivoksen vedet johdetaan Sapsojoen valuma-alueen puolelle. Toimintavaiheessa käsitellyt prosessi- ja kuivatusvedet ohjataan Koivupuroon, josta vedet jatkavat reittiä Koivupuro-Ollinjoki-Pirttilampi-Pirttijoki-Nimisenjoki-Pieni Hietanen-Hietanen-Lontanjoki.

4.4.1 Veden laatu ja virtaamat

4.4.1.1 Koivupuro ja sen alapuoliset vesistöt

Enne kaivostoiminnan alkamista, alueen vedet ovat olleet luontaisesti humuspitoisia ja happamia. Alueen vesien vedenlaatuun on vaikuttanut voimakkaasti valuma-alueen intensiivinen metsäojitus. Vesistöjen kokonaisravinnepitoisuudet ovat olleet lievästi rehevällä tasolla. Myös rautapitoisuus on ollut valuma-alueelle tyypillisesti koholla. Sulfaattia, natriumia ja kloridia on ollut luontaisesti vedessä vähän ja myös metallien alkuainepitoisuudet ovat olleet luontaisesti pieniä.

Kaivoksen toiminnan käynnistyttyä Koivupurossa on havaittu selvää sähkönjohtavuuden sekä typpi- ja sulfaattipitoisuuksien kasvua luonnontasoon nähden. Metalleista on havaittu etenkin antimonin, kadmiumin, nikkelin ja sinkin pitoisuuksien kasvua, johtuen kaivostoiminnasta.

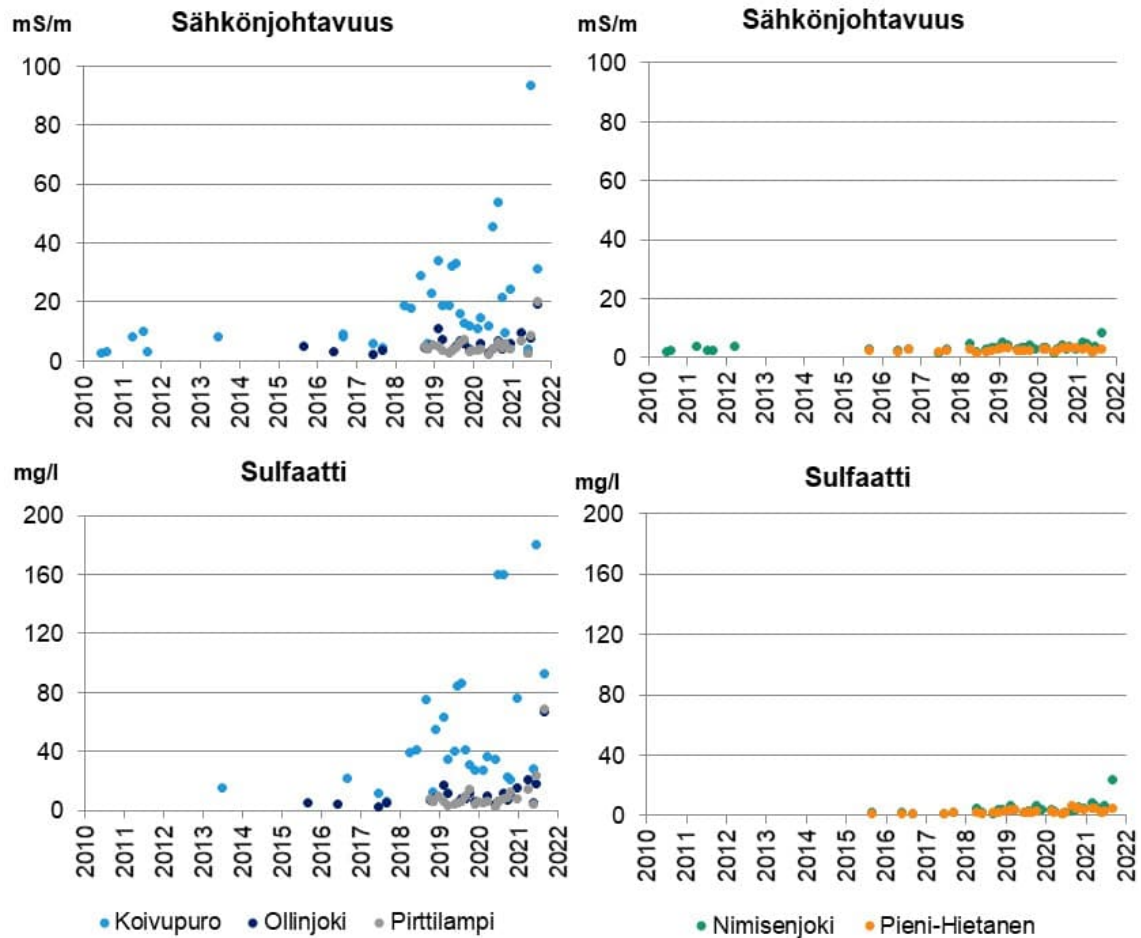
Myös Ollinjoessa on ollut havaittavissa lievää kaivoksen vesien vaikutusta. Sähkönjohtavuusarvoissa ja typpipitoisuuksissa esiintyy ajoittain nousua, ja myös antimonin, sinkin, kadmiumin ja nikkelin pitoisuudet ylittävät ajoittain alueelle tyypillisen tason.

Pirttilammessa on esiintynyt yksittäisiä sinkin ja nikkelin pitoisuuksien nousua sekä yleistä kadmiumpitoisuuksien nousua. Myös sähkönjohtavuusarvot ja sulfaattipitoisuus on ollut viime vuosina ajoittain koholla. Havainnot liittyvät todennäköisesti hopeakaivoksen vesien vaikutukseen.

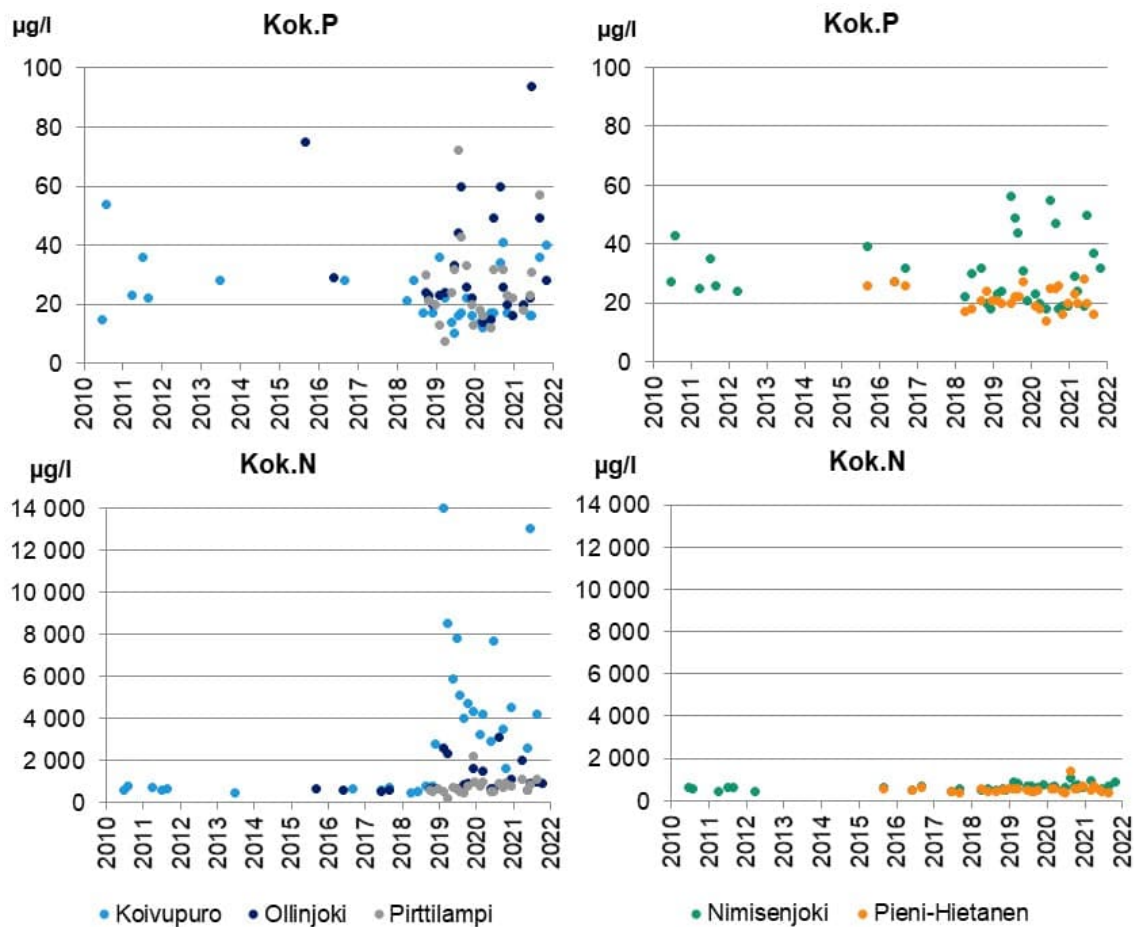
Nimisenjoessa on havaittu yksittäisiä kohonneita alkuainepitoisuuksia, mutta selkeää kaivoksen kuormitusvaikutusta ei ole ollut havaittavissa. Vuoden 2021 tarkkailussa Nimisenjoesta on havaittu kohonneita sähkönjohtavuusarvoja ja sulfaattipitoisuuksia.

Vuoden 2021 tarkkailussa myös metallien pitoisuudet olivat ajoittain koholla, viitaten kaivosvesien vaikutukseen.

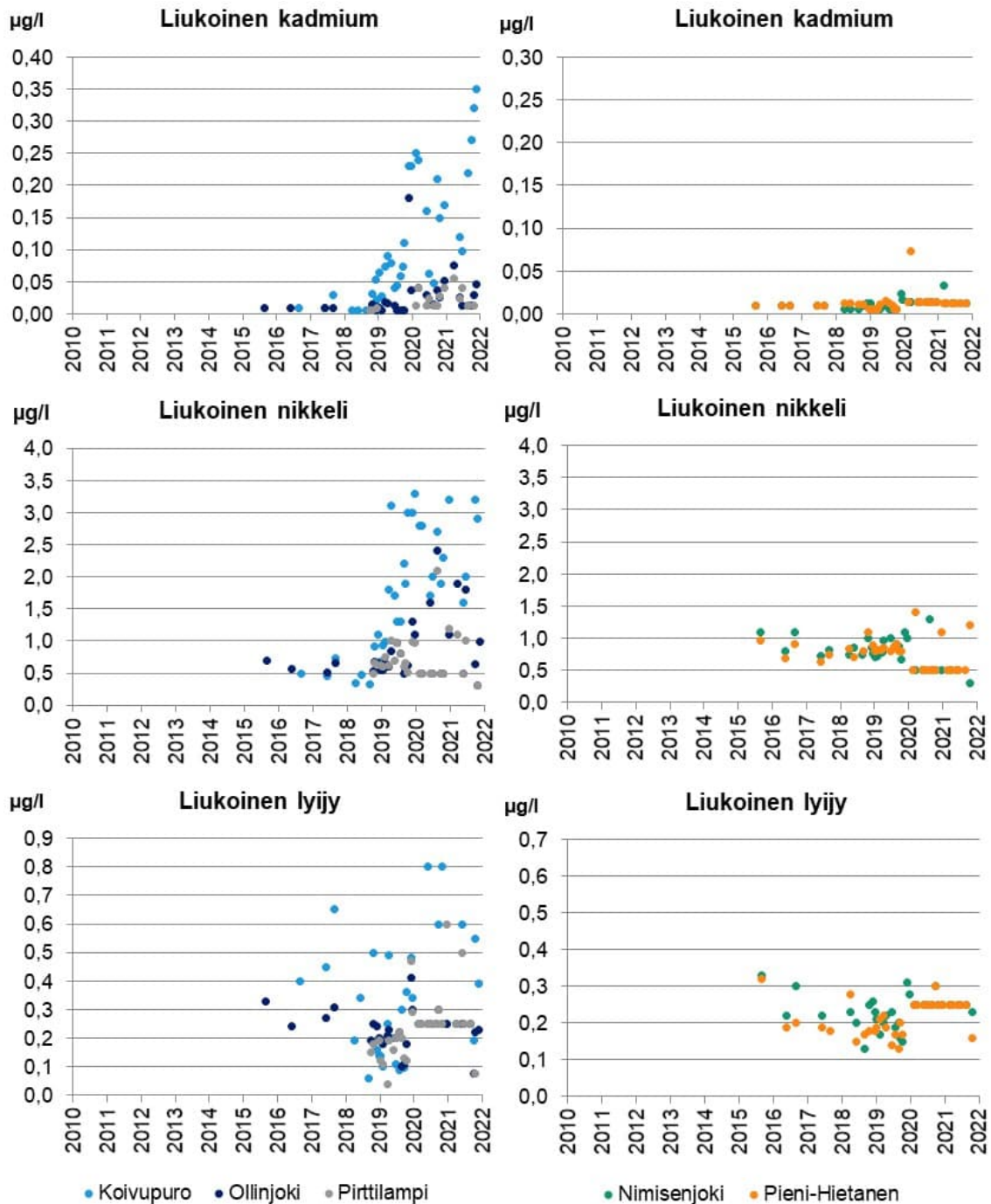
Pieni-Hietasessa ei ole havaittu selkeitä hopeakaivoksen kuormitukseen viittaavia vedenlaatumuutoksia. (AFRY Finland Oy 2021)



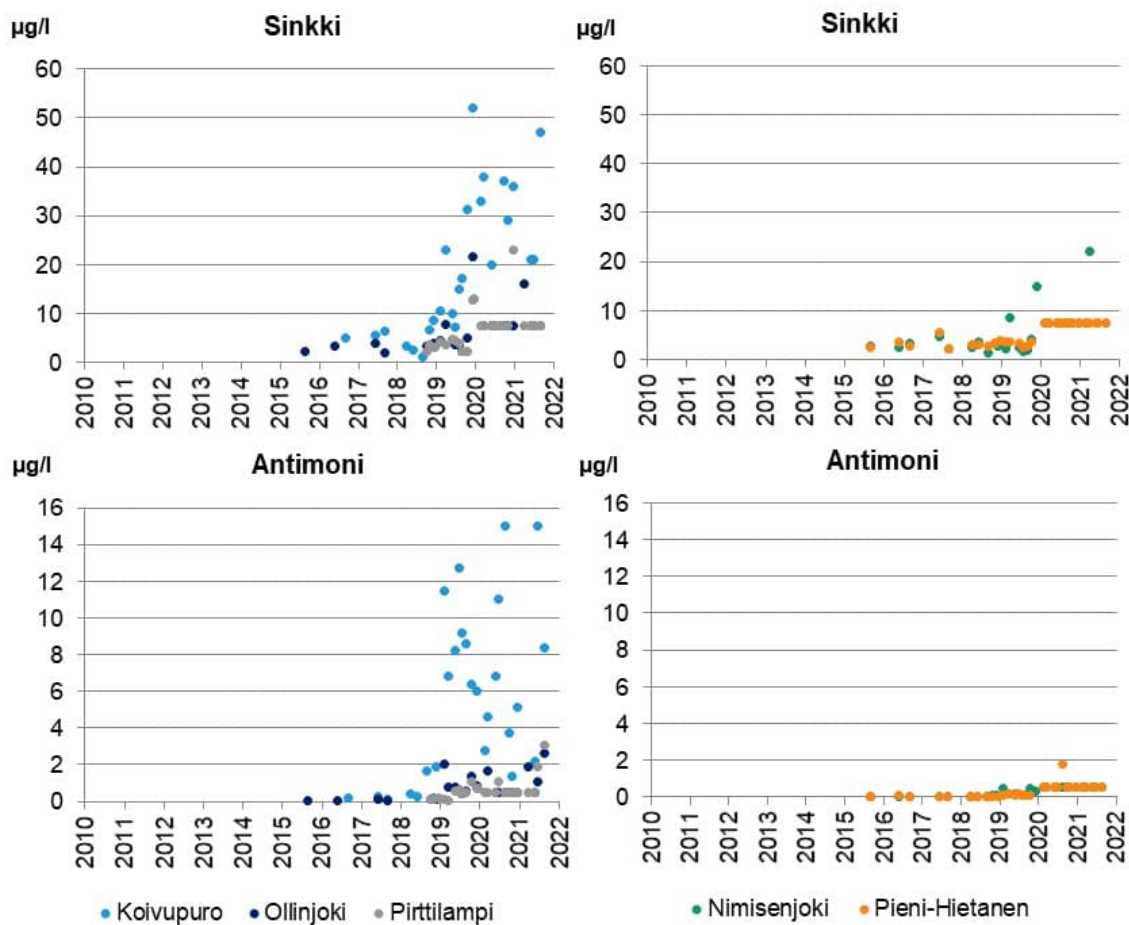
Kuva 4-2. Koivupuron ja alapuolisten vesistöjen sähkönjohtavuusarvojen ja sulfaattipitoisuuden kehitys vuosina 2010–2021.



Kuva 4-3. Koivupuron ja alapuolisten vesistöjen kokonaisravinnepitoisuuksien kehitys vuosina 2010–2021.



Kuva 4-4. Koivupuron ja alapuolisten vesistöjen kadmium-, nikkeli- ja lyijypitoisuuksien kehitys vuosina 2010–2021. Määrittärajaa alittavat pitoisuudet on puolitettu (v. 2020 määrittärajat: Cd 0,024 $\mu\text{g/l}$, Ni 1 $\mu\text{g/l}$ ja Pb 0,5 $\mu\text{g/l}$)



Kuva 4-5. Koivupuron ja alapuolisten vesistöjen sinkki- ja antimonipitoisuuksien kehitys vuosina 2010–2021. Määritysrajan alittavat pitoisuudet on puolitettu (v. 2020 määritysrajat: Sb 1 µg/l ja Zn 15 µg/l)

Taulukossa 4-1 on esitetty Sapsojoen valuma-alueen virtaamia.

Taulukko 4-1. Virtaamia Sapsojoen valuma-alueella. Virtaamat on määritetty vesistömallijärjestelmästä Nimisenjoen valuma-alueelle (59.874) saadun vuosien 1990-2010 valuman perusteella.

	Valuma-alueen koko	Keskivirtaama, MQ	Virtaama, Q vaihteluväli
	km ²	m ³ /s	m ³ /s
Koivupuro	4,9	0,06	0,01-0,32
Heikkisenpuro	4,9	0,06	0,01-0,32
Pirttijoki	80,0	0,93	0,24-5,28
Nimisenjoki	91,5	1,07	0,27-6,04

4.4.1.2 Pieni Tipasjärvi, Olkilahti

Iso ja Pieni Tipasjärvi muodostavat yhdessä noin 10 kilometrin pituisen ja 1 100 hehtaarin suuruisen järvioltaan. Järvien keskisyvyys on noin 4 metriä ja suurin syvyys 23 metriä. Kaivoksen vedet laskevat Olkilahteen jonka syvin kohta on 6 metriä syvä. Ison ja Pienen Tipasjärven tilavuuden ja virtaaman perusteella laskettu viipymä on noin 1 vuosi ja 4,5 kuukautta. Syvin kohta sijoittuu Pienen Tipasjärven itäosaan Vuorisaaren länsipuoleiseen syvänteeseen. Vesi Tipasjärvistä virtaa Pienen Tipasjärven luoteisosasta Tipasjokeen. (Ramboll 2018, Sotkamon kaivoksen YVA).

Tipasjärvien ravinnepitoisuudet ovat luontaisesti pieniä, ilmentäen järven erinomaista fysikaalis-kemiallista tilaa. Tipasjärvien vesi on luontaisesti humuspitoista, mutta ei niin voimakkaasti kuin Sapsojoen reitillä. Vesi on lievästi hapanta ja suhteellisen kirkasta.

Viimeisimmän tarkkailuraportin mukaan Pienen Tipasjärven vedenlaatu oli yleisellä tasolla hyvä vuonna 2021, eikä vedenlaadussa havaittu kaivostoiminnasta johtuvia muutoksia. Pienen Tipasjärven vedenlaadussa ei ole 2010-luvulla havaittavissa selkeää kehitystä, ja vedenlaatu on ollut hyvä koko tarkastelujakson ajan.

Kaivosalueelta Pieneen Tipasjärveen laskevan ojan vedenlaadussa on ollut vuosina 2019–2021 havaittavissa huonontumista aikaisempien vuosien tasoon nähden kaivosalueelta peräisin olevan kuormituksen takia. Vuosina 2020–2021 ojan vedenlaatu oli kokonaisuutena selvästi parempi kuin vuonna 2019. Kaivosvesien vaikutukseen viittasi kuitenkin kohonnut sinkkipitoisuus.

4.4.2 Kalasto ja kalastus

Seuraava kalastoa ja kalastusta kuvaavat tekstit perustuvat YVA-selostuksesta (Ramboll Finland Oy 2018) poimittuun tietoon. Verkkokoekalastukset ja sähkökoekalastukset tehdään seuraavan kerran ohjelman mukaisesti vuonna 2022. Kalojen metallipitoisuudet on tutkittu vuonna 2021, mutta tulokset eivät olleet saatavilla tämän raportin valmistuessa.

4.4.2.1 Sapsojoen vesistöalue

Sapsojoen vesistöalueeseen kuuluvassa Koivupurossa ja Nimisenjoessa on toteutettu sähkökoekalastuksia vuonna 2007. Koivupurosta ei sähkökoekalastuksessa saatu saalista lainkaan, ja Nimisenjoen kalasto oli hyvin niukka. Nimisenjoen Vääräkoskella sijaitsevalta koealalta saatiin saaliiksi vain yksi ahven ja yksi made. Nimisenjoen koeala kalastettiin uudelleen vuonna 2013. Tällöin saalis koostui ahvenista (6 kpl), särjistä (3 kpl) ja mateista (2 kpl).

Hietasella ja Pieni-Hietasella toteutettiin verkkokoekalastus vuonna 2013. Järvien kalastossa tyypillisimmät lajit ovat ahven, hauki, kuha, särki ja lahna. Lohensukuisista lajeista esiintyy luontaisesti muikkua, joskin ilmeisen harva kanta.

Vuoden 2013 verkkokoekalastuksen yhteydessä Pieni-Hietasesta pyydettiin metallimäärittäystä varten kolme ahventa ja kaksi haukea. Lisäksi Pirttilammesta pyydettiin vapavälinein kaksi ahventa ja kolme haukea.

Tulosten perusteella Pirttilammen elohopeapitoisuudet ylittivät EU:n raja-arvon tai olivat lähellä sitä. Pirttilampi on runsashumuksinen tummavetinen metsälampi, jossa elohopeapitoisuudet voivat nousta luontaisestikin korkeiksi. Pieni-Hietasesta pyydytyissä ahvenissa ja hauissa elohopeapitoisuudet olivat alhaisempia kuin Pirttilammessa ja näytteiden pitoisuudet jäivät EU:n asettamasta enimmäispitoisuusrajasta. Kadmiumin ja nikkelin määräysrajat eivät ylittyneet metallinäytekaloilla. Myös lyijypitoisuudet olivat varsin pienet. Pirttilammen kaloissa lyijyn määräysraja ylittyi, mutta Pieni-Hietasen kaloissa lyijypitoisuus jäi määräysraja-arvon alapuolelle.

Vesistöalueelle on toteutettu kalastustiedustelu vuoden 2013 tiedoista. Kalastaneiden talouksien (57 taloutta) keskisaalis oli noin 46 kg/talous. Alueen tärkeimmät saalisajit olivat hauki ja kuha.

4.4.2.2 Tipasjoen vesistöalue

Tipasjoen vesistöalueen kalastosta on laadittu perustilaselvityksiä vuosina 2016-2017. Vuoden 2016 Tipasjoen sähkökoekalastusten saalismäärä oli kokonaisuudessaan melko pieni. Tulosten perusteella kalastoon kuuluvat taimen, made, ahven ja kivisimppu sekä vähäisemmässä määrin myös särki.

Pieni Tipasjärven vuoden 2017 verkkokoekalastussaaalis koostui pääasiassa särjestä ja ahvenesta. Lisäksi saatiin yksi hauki, muutamia kuhia ja muikkuja sekä yksi siika. Petomaisten ahventen (>15 cm) osuus oli varsin runsas. Koekalastuksen biomassaperusteinen yksikkösaalis (488 g/verkkoyö) viittasi erinomaiseen ekologiseen tilaan.

Tipasjoen Rajakoskelta (5 kpl) ja Matokoskelta (1 kpl) vuonna 2017 pyydettyjen taimenten metallipitoisuudet olivat kaikkien metallien osalta varsin alhaisia. Pieni Tipasjärvestä pyydettyjen ahventen (15 kpl) ja haukien (3 kpl) metallipitoisuudet olivat niin ikään monilta osin alle määräysrajojen. Kadmiumin määräysraja alittui kaikilla ja lyijyn määräysraja yhtä vaille kaikilla kaloilla. Kaikkien ahvennäytteiden elohopeapitoisuudet alittivat elintarvikekäytön raja-arvon, joskin korkeimmat pitoisuudet olivat jo melko lähellä raja-arvoa. Myöskään hauen elintarvikekäytön elohopean raja-arvo ei ylittynyt.

Tipaksen reitille tehdyn kalastustiedustelun perusteella kyseisellä reitillä kalasti vuonna 2016 noin 203 taloutta talouskohtaisen keskisaaliin ollessa noin 36 kg. Kilomääräisesti suurimmat saaliit saatiin hauesta ja ahvenesta. Jokialueilta saatiin lisäksi jonkin verran kirjolohta, taimenta ja harjusta. Lisäksi särkikaloja ilmoitettiin saadun melko runsaasti.

4.4.3 Pohjaeläimistö

Seuraava pohjaeläimistöä kuvaavat tekstit perustuvat YVA-selostuksesta (Ramboll Finland Oy 2018) poimittuun tietoon. Pohjaeläinnäytteenotto on tehty tarkkailuohjelman mukaisesti vuonna 2021, mutta tulokset eivät ole vielä valmiina.

Sapsojoen vesistöalueen pohjaeläimistöä on selvitetty tutkimuksin vuosina 2007 ja 2013. Näytteitä on otettu Nimisenjoesta, Koivupurosta ja Pieni-Hietasesta (Pöyry 2008) sekä Hietasesta (Ahma Ympäristö Oy 2014).

Koivupuron pohjaeläinlajisto on tyypillistä pienien latvapurojen lajistoa. Eniten Koivupurossa esiintyy koskikorentoja, joista erityisesti latvavesille tyypilliset *Leuctra-suvun* lajit ovat runsaslukuisia. Vesiperhosten osuus on selvästi pienempi ja päivänkorentoja ei Koivupuron näytteissä ole tavattu lainkaan.

Nimisenjoen pohjaeläimistö on tyypillistä pienten jokien lajistoa. Eniten Nimisen joessa on esiintynyt kaksisiipisiä ja koskikorentoja. Koskikorennoista valtalajina esiintyy *Taeniopteryx nebulosa*, ja esimerkiksi *Leuctra-suvun* lajien yksilömäärät ovat pieniä. Vesiperhosia ja päivänkorentoja esiintyi Nimisenjoen näytteissä selvästi enemmän kuin Koivupurossa.

Pieni-Hietasen pohjaeläimistö on niukkaa ja koostuu pääasiassa sulkasääsken ja surviaissääsken toukista. Otettujen näytteiden perusteella Hietasen näytteessä surviaissääskiä on ollut vain vähän ja sulkasääskiä ei lainkaan. Harvasukamatoja on tavattu sekä Pieni-Hietasen että Hietasen näytteistä.

Tipasjoen vesistöalue

Tipasjärvien pohjaeläimistö on niukkaa ja koostuu pääasiassa sulkasääsken ja surviaissääsken toukista. Vähähappisissa oloissa toimeentulevia sulkasääsken toukkia tavataan erityisen runsaasti Pieni Tipasjärvessä.

Alueen purojen luonnontilaisuutta voidaan tarkastella Suomen ympäristökeskuksen Purohelmi-projektissa tuotetulla aineistolla. Aineiston perusteella voidaan arvioida mitä pohjaeläintaksoneita puroissa tulisi esiintyä, mikäli puro olisi luonnontilaisessa kunnossa. Vertaamalla purosta havaittuja taksoneita vertailulajistoon, voidaan arvioida kuinka paljon puron luonnontilaisuus on heikentynyt. Ennen kaivoksen toiminnan aloittamista otetussa näytteessä (v. 2007) Koivupurossa oli vain 6 taksonia niistä taksoneista (vertailuarvo 12,9) joita purossa tulisi olla, mikäli puro olisi luonnontilaisen kaltainen. Näin ollen Koivupuron pohjaeläinten luonnontilaisuus on vain 46 % luonnontilaisesta. Heikkisenpurosta ei ole otettu pohjaeläimistöä, mutta Purohelmi-projektin mallinnetun luonnontilaisuuden mukaan Heikkisenpuro on enemmän luonnontilaisen kaltainen kuin Koivupuro. Heikkisenpuron mallinnettu pohjaeläinten luonnontilaisuus on 79 %. Mallinnettuun pohjaeläimistön ekologiseen tilaan sisältyy kuitenkin epävarmuutta ja jatkossa myös Heikkisenpurosta olisi hyvä ottaa pohjaeläinnäytteitä.

4.5 Ilmasto-olosuhteet

Sotkamo Silverin kaivosalueen ilmasto-olosuhteiden kuvaamiseen on käytetty Ilmatieteen laitoksen Sotkamon Kuolaniemen sääaseman mittaustietoja vuosilta 2011-2020. Kuolaniemen asemalla vuosittainen sademäärä on ollut tarkastelujaksolla keskimäärin 628 mm. Maksimisademäärä on ollut 767 mm (v. 2015) ja minimisademäärä 472 mm (v. 2018) (Kuva 4-6).

Vuoden keskilämpötila on ollut noin 3,4 °C. Vuodet eroavat minimi- ja maksimilämpötiloissa hieman toisistaan. Vuosien 2011-2020 minimilämpötila on vaihdellut välillä -37,7... -25,3 °C ja maksimilämpötila välillä 24,3...-30,6 °C.



Kuva 4-6. Vuosittaiset sadannat ajanjaksolla 2011-2020 Kuolaniemen sääasemalla.

4.6 Luonto ja suojelukohteet

4.6.1 Kasvillisuus

Hankealue sijoittuu luonnonmaantieteellisessä aluejaossa Keskipohjoiselle vyöhykkeelle ja siinä edelleen Pohjois-Karjala-Kainuu-alueelle ja Pohjanmaa-Kainuun kasvillisuusvyöhykkeelle. Seudun luonnonympäristöä luonnehtivat metsäiset vaarat ja vaaraketjut, sekä maaston painanteissa sijaitsevat vähäiset erämaavedet ja suoaltaat.

Kaivospiirin alue on pääasiassa nuorta ja varttunutta metsätaloustaloudessa olevaa metsää. Maaston painanteiden ojitetut suoalueet ovat pääasiassa muuttumiksi ja turvekankaiksi kuivuneita. Kaivospiirin itäpuolelle sijaitseva Hanhisuo ja kaivospiirin keskiosassa ja kaivospiirin länsipuolelle sijoittuva Jäkäläsuo ovat ojittamattomia ja yleisilmeeltään luonnontilaisia.

4.6.2 Eläimistö

Luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeista alueella on selvitetty liito-oravan, sudenkorentojen, lepakoiden, viitasammakon, saukon ja suurpetojen esiintymistä. Viitasammakoita, sudenkorentoja ja liito-oravia ei esiinny selvitysten perusteella alueella. Yksittäisiä saukon jälkiä on tavattu Lontanjoella ja Tipasjoella. Lepakoita esiintyy alueella.

4.6.3 Luonnonsuojelualueet

Lähin kaivosaluetta sijaitseva Natura-alue, Vuoriniemi (FI1200604 SAC), sijaitsee noin kilometrin etäisyydellä kaivosalueen rajasta koillisessa Pienen ja Ison Tipasjärven välisellä alueella. Vuoriniemi on sisällytetty Natura-verkostoon luontodirektiivin perusteella (SAC).

Hiidenportin kansallispuisto (KPU110019) sijaitsee kaivospiirin eteläpuolella lähimmillään noin 800 metrin etäisyydellä kaivosalueen rajasta. Alue kuuluu Hiidenportin alueiden Natura-alueeseen (FI1200625, SCI).

Kaivosalueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei alueella tehtyjen selvitysten tulosten perusteella sijaitse vesilailla suojeltuja luonnontilaisia puroja, lähteitä tai muita pienvesiä, eikä metsälain 10 §:n tarkoittamia luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeitä elinympäristöjä.

4.7 Asutus ja elinkeinot

Hankealue sijoittuu taajamatoimintojen ja tärkeimpien liikenneyhteyksien ulkopuolelle. Etäisyyttä Sotkamon kunnan taajamiin, kirkonkylään ja Vuokattiin, kertyy 37 ja 41 kilometriä linnuntietä. Matkaa Kuhmon kaupungin keskustaan on lähes saman verran, noin 30 kilometriä. Sotkamon kunnan alueella asutus on sijoittunut lisäksi löyhästi kylärakenteisiin lähinnä suurimpien liikenneväylien ja vesistöjen äärelle. Hankealueen ympäristön liikenneverkon rungon muodostaa kaivospiirin pohjoispuolella kulkeva Kissanientie (9005), joka yhtyy idässä Valtimontiehen (5284) ja lännessä Tipasojantiehen (9005). Kaivospiirin ympäristössä risteilee lisäksi alempiasteisia teitä ja metsäautoteitä. (Ramboll Finland Oy 2018)

Hankealueen ympäristö on pääasiassa asumatonta metsää, suoalueita ja järviä. Asutus on lähiseudulla hajaluonteista harvan maaseutuasutuksen aluetta ja keskittynyt pohjoisessa ja koillisessa Pienen ja Ison Tipasjärven ympäristöön. Lännessä asutusta sijaitsee Nimisenkankaan alueella runsaan neljän kilometrin etäisyydellä, Pajuvaarassa ja Kuikkakylässä noin kymmenen kilometrin etäisyydellä sekä Hietasen, Pieni-Hietasen ja Luoman vesistöjen ympäristössä 8-11 kilometrin etäisyydellä. Kuhmon kaupungin puolella asutus on hyvin vähäistä ja lähimmät asutuskeskittymät sijaitsevat Välihaarassa ja Nurmesjärven rannalla 10-13 kilometrin etäisyydellä. (Ramboll Finland Oy 2018)

Tipasjärvien alue on harvaan asuttua. Taivaljärven kaakkoispuolella vajaan kilometrin etäisyydellä on lähialueen ainoa muutamien talojen ryhmä. Nimisjoen vesistöalueen puoli

on yläosiltaan asumatonta, eikä yleisiä teitä ole. Jokivarressa asutusta on vain Nimisenkankaalla noin viiden kilometrin etäisyydellä kaivospiiristä. Lähimmät yksittäiset asuinrakennukset sijaitsevat Kissaniementien ja siitä pistoina lähtevien teiden varsilla runsaan 500 metrin etäisyydellä kaivospiirin pohjoisrajasta, sekä Tipasjärvien rannoilla. Vapaa-ajan asutus on keskittynyt Tipasjärvien rannoille. Lähin yksittäinen vapaa-ajan rakennus sijaitsee kaivospiirin koillispuolella noin 600 metrin etäisyydellä. (Ramboll Finland Oy 2018)

Tilastokeskuksen (Tilastokeskus 2020) tietojen mukaan Sotkamossa asuvan työllisen työvoiman määrä vuonna 2019 oli 4 269 henkilöä ja kunnassa olevien työpaikkojen määrä 4 396 kappaletta. Sotkamon työpaikoista 7,4 prosenttia oli vuonna 2019 alkutuotannossa, 33,8 prosenttia jalostuksessa ja 57,3 prosenttia palveluissa. Kunnan työllisyysaste 2019 oli 74,2 prosenttia ja asuinkunnassaan työssäkäyvien osuus 69,1 prosenttia.

4.8 Maisema ja kulttuuriympäristö

Kaivospiirin alue sijoittuu maisemallisessa maakuntajaossa Kainuun ja Kuusamon vaaramaalle ja Kainuun vaaraseudulle. Seudulle on tyypillistä paikoin jylhät vaaramaisemat ja luoteesta kaakkoon suuntautuvat pinnanmuodot. Pienet pellot, löyhärakenteiset kylät ja yksittäiset asumukset vaarojen rinteillä elävöittävät muuten metsäistä maisemakuvaa. Seudulle tyypilliseen tapaan kaivospiirin alueella ja sen ympäristössä metsät ovat usein tehokkaassa metsätaloustuotannossa. Kaivospiirin alueella maisemat vaihtelevat sulkeutuneista metsistä avoimiin kenttäalueisiin. Kaivospiirin ympäristö on pääosin sulkeutunutta metsää. Avoimia näkymiä avautuu kaivospiirin pohjois- ja kaakkoispuolella sijaitsevilta Pieneltä ja Isolta Tipasjärveltä. Yksittäisiä pieniä peltokuvioita sijaitsee kaivospiiristä koilliseen. Kaivospiirin pohjoispuoliselta Kissaniementieltä avautuu kapeita, tien suuntaisia näkymiä. (Ramboll Finland Oy 2018)

4.9 Alueen kaavoitus

4.9.1 Maakuntakaava

Kainuun voimassa oleva vaihemaakuntakaava 2030 on hyväksytty maakuntavaltuustossa 16.12.2019 (25 §) ja se on saanut lainvoiman. Kainuun vaihemaakuntakaavassa 2030 käsitellään alue- ja yhdyskuntarakennetta, virkistystä, liikennejärjestelmää, luonnon- ja kulttuuriympäristöä sekä luonnonvarojen käyttöä ja elinkeinojen toimintaedellytyksiä. Maakuntakaavassa osoitettavien uusien kaavaratkaisujen osalta Kainuun vaihemaakuntakaava 2030 kumoaa tai muuttaa osin Kainuun maakuntakaavan 2020 kaavaratkaisuja ja sisältää teknisluonteisia korjauksia Kainuun 1. vaihemaakuntakaavan, Kainuun kaupan vaihemaakuntakaavan ja Kainuun tuulivoimamaakuntakaavan kaavamerkintöihin ja -määräyksiin.

Maakuntakaavassa Sotkamo Silverin kaivosalue on osoitettu kaivosalueeksi soveltuvaksi alueeksi (kaavamerkintä: ek) ja suunnittelumääräyksessä todetaan, että alueella sallitaan



kaivostoiminta ja sen kannalta tarpeelliset rikastuslaitokset, läjitys- ja rikastushiekka-alueet sekä liikenneväylät ja -alueet. Kaivosalueen sisälle on merkitty merkinnällä t/kem teollisuus- ja varastoalue. Suunnittelumääräyksissä todetaan, että alueelle saa sijoittaa merkittäviä, vaarallisia kemikaaleja valmistavia tai varastoivia laitoksia. Kaivosalueen pohjoisimman osan läpi kulkee yhdystie (kaavamerkintä: yt). Merkinnällä osoitetaan seudullisesti tai matkailun kannalta erityisen merkittävät yhdystiet, joiden alueella on voimassa MRL:n 33.1 §:n mukainen ehdollinen rakentamisrajoitus.

4.9.2 Yleiskaava

Alueella ei ole voimassa tai vireillä olevaa osayleiskaavaa.

4.9.3 Asemakaava

Kaivosalueella ei ole voimassa olevaa asemakaavaa. Isolla ja Pienellä Tipasjärvellä ja niiden lähivesistöissä on ollut vuodesta 2011 lähtien käynnissä ranta-asemakaavan laadinta, joka koskee UPM-Kymmene Oyj:n ja yksityisten omistamia alueita. Hankkeen tarkoituksena on laatia omarantaista lomarakentamista ohjaava ranta-asemakaava. Kaavaluonnos oli nähtävillä alkuvuonna 2011, minkä jälkeen kaavoitus ei ole edennyt. Kaivospiirin pohjoisosa sijoittuu osin ja rajautuu ranta-asemakaavan luonnoksen maa- ja metsätalousalueelle.

5 Kaivannaisjätteiden ominaisuudet

5.1 Tutkimusmenetelmät

Jätejakeiden ympäristökelpoisuus määräytyy mineralogisista ja kemiallisista ominaisuuksista, mahdollisten haitta-aineiden liukenemisesta ja aineiden haponmuodostuspotentiaalista. Säädosvaatimuksia sivukiven testaukselle on esitetty kaivannaisjäteasetuksen (VNa 190/2013) liitteessä 1. Kaivannaisjätteiden karakterisointitietoja tulee verrata pysyvän kaivannaisjätteen määritelmään (VNa 190/2013, Liite 1).

Sivukivien ja rikastushiekkojen hapontuotto- ja neutralointipotentiaalia selvitettiin ABA-testillä (EN 15875) ja niiden nettohapontuottokapasiteettia mitattiin vetyperoksidihapetuksella eli NAG-testillä. Nopeasti vapautuvien (ilman hapetusreaktioiden vaikutusta) aineiden pitoisuuksia selvitettiin 2-vaiheisella ravistelutestillä (EN 12457-3). Kokonaispitoisuuksia selvitettiin kuningasvesiuuton avulla (SFS ISO 11466), mikä on PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukainen vaatimus. NAG-testin loppuliuoksen analyysin avulla (ja suhteessa haitta-aineiden kokonaispitoisuuksiin) selvitettiin hapettumisreaktioiden seurauksena vapautuvissa olevien haitta-aineiden osuutta kokonaispitoisuuksista (nettomobilisoitumisena).

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

5.2 Pintamaan ominaisuudet

5.2.1 Fysikaaliset ominaisuudet

Pintamaat ovat alueen tavallista maaperää, kivennäismaata tai turvetta.

5.2.2 Geokemialliset ominaisuudet

Pintamaan geokemiallisia ominaisuuksia on tutkittu vuonna 2011, kun selvitettiin avolouhoksen kohdalta poistettavien moreenien metallien kuningasvesiliukoiset pitoisuudet sekä hapontuottopotentiaali. Kokonaispitoisuudet tutkittiin kuudesta näytteestä (Taulukko 5-1) ja hapontuottopotentiaali tutkittiin neljästä näytteestä (Taulukko 5-2).

Taulukko 5-1. Pintamaiden (moreenien) kuningasvesiliukoiset pitoisuudet ja vertailu PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Määrittäysraja	1	0,01	0,1	1	0,5	0,01	1	0,2	0,05	1	1
Taustapitoisuus*			4,7	20	13		13	0	0	19	17
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
KK105	10	0,37	2,5	22	13	-	7	102	< 3	19	90
KK106	12	< 0,3	2,3	33	10	-	12	21	< 3	18	42
KK107	< 3	< 0,3	1,3	10	4,1	-	3,4	< 3	< 3	7,7	5,7
KK107	23	0,5	2,1	12	8,5	-	5,3	137	< 3	13	127
KK108	< 3	< 0,3	2,2	13	7,6	-	4,9	< 3	< 3	9,5	9,2
KK108	< 3	< 0,3	3,5	16	5,8	-	8,5	3,5	< 3	14	19

Taulukossa (Taulukko 5-1) esitettyjen tulosten perusteella pintamaiden kuningasvesiliukoiset metallipitoisuudet ovat alhaisia. Arseenin kuningasvesiliukoinen pitoisuus ylitti PIMA-asetuksen (214/2007) mukaisen kynnysarvon kolmessa näytteessä. Lyijyn kuningasvesiliukoinen pitoisuus ylitti PIMA-asetuksen kynnysarvon kahdessa näytteessä. Kynnysarvon ylitykset kuvastavat todennäköisimmin maa-aineksen luontaista taustapitoisuutta alueella, eivätkä analyysitulokset viittaa maa-aineksen pilaantuneisuuteen.

Taulukko 5-2. Pintamaiden hapontuottopotentiaali vuoden 2011 näytteissä.

Näyte	S (kok) [%]	C (kok) [%]	NP [kg CaCO ₃ /t]	AP [kg CaCO ₃ /t]	NPR	Hapontuottokyky
KK106 (1 m)	0,01	0,4	3	0,37	8,2	Ei-happoa tuottava
KK107 (1 m)	<0,01	0,5	2,26	<0,3	14	Ei-happoa tuottava
KK107 (5 m)	0,13	0,27	3,76	4,16	0,9	Mahdollisesti happoa tuottava
KK108 (3 m)	0,03	0,61	2,13	1	2,1	Ei-happoa tuottava

5.3 Sivukiven ominaisuudet

5.3.1 Fysikaaliset ominaisuudet

Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman (Ramboll Finland Oy 2020) mukaan Sotkamo Silverin hopeakaivoksen sivukivi muodostuu felsisestä metavulkaniitista, jonka koostumus vastaa dasiittia tai ryoliittia. Avolouhos ja maanalainen kaivos ovat sivukiven litologioiltaan samanlaisia. Pääkivilaji on molemmissa kvartsi-serisiittiliuske, jonka väritys vaihtelee kellertävän harmaasta tummanharmaaseen riippuen mineraalikoostumuksesta.

5.3.2 Mineralogia

Maanalaisen kaivoksen sivukiven mineraloginen koostumus on esitetty taulukossa (Taulukko 5-3). Sivukiven koostumus on päämineraalien osalta samankaltainen kuin aiemmin määritettyjen katto- ja jalkapuolen sivukivien (Ramboll Finland Oy 2020), mutta aksessoristen mineraalien jakaumassa on hiukan variaatioita, erityisesti karbonaattisia mineraaleja oli tutkitussa näytteessä enemmän kuin aiemmin.

Päämineraaleja ovat kvartsi, serisiitti (muskoviitin muoto) ja biotiitti. Biotiitin määrän kasvaessa kiven väri muuttuu tummemmaksi. Sivumineraaleja sivukivessä ovat erilaiset karbonaattimineraalit, , pyriitti ja kupariikiisu. Pyriittiä esiintyy paikka paikoin suurempiakin määriä. Kallio on kauttaaltaan liuskeista.

Taulukko 5-3. Sivukiven mineraloginen koostumus.

Mineraali	Kemiallinen koostumus	m-%
Kvartsi	SiO ₂	56,1
Muskoviitti	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	18,2
Biotiitti	K(Mg,Fe) ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	4,9
Dolomiitti	CaMg(CO ₃) ₂	4,6
Ankeriitti	CaFe(CO ₃) ₂	2,4
Pyriitti	FeS ₂	0,5
Kalsiitti	CaCO ₃	5,2
Kalkopyriitti	CuFeS ₂	0,1

Mineraali	Kemiallinen koostumus	m-%
Kloriitti	$(\text{Fe}, (\text{Mg}, \text{Mn})_5, \text{Al})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	2,1
Anortiitti	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	4,1
Ortoklaasi	KAlSi_3O_8	1,9
Magnetiitti	Fe_3O_4	0,1
Yhteensä		100

5.3.3 Geokemialliset ominaisuudet

Kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet määritettiin sekä avolouhoksen että maanalaisen kaivoksen sivukivinäytteistä vuosina 2018 ja 2020 (Taulukko 5-4). Tutkituissa näytteissä arseenin, kadmiumin, lyijyn ja sinkin kuningasvesiliukoiset pitoisuudet ylittivät kaivannaisjäteasetuksessa (Vna 190/2013, liite 1) viitattavan PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) kynnysarvot, ja metallista riippuen havaittiin myös ohjearvoylityksiä. Em. metallien ja metalloidien pitoisuudet v. 2020 avolouhoksen sivukivinäytteessä ovat hivenen suurempia kuin maanalaisen kaivoksen sivukivinäytteen pitoisuudet. Lyijyn ja sinkin osalta pitoisuuserot ovat huomattavat. Muiden nk. PIMA-metallien osalta pitoisuudet eri sivukivissä olivat lähellä toisiaan. Kynnysarvojen ylityksen vuoksi molemmat sivukivityypit, sekä vuoden 2018 sivukivi A:ta ja B:tä edustavat sivukivet luokitellaan ei-pysyviksi kaivannaisjätteeksi. Alueellisten taustapitoisuuksien käyttäminen kynnysarvojen sijaan ei tässä tapauksessa muuttaisi luokitusta.

Taulukko 5-4. Vuosien 2018 ja 2020 sivukivinäytteiden kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet ja vertailu paikalliseen taustapitoisuuteen sekä PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) viite- ja ohjearvoihin.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Määrittäysraja	1	0,01	0,1	1	0,5	0,01	1	0,2	0,05	1	1
Taustapitoisuus			4,7	20	13		13	0	0	19	17
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
2020 Sivukivi, maanalainen	16	2	1,9	66	17	0,02	6	250	5	1	526
2020 Sivukivi, avolouhos	22	10	1,6	58	29	0,03	4	1275	7	1	1567
2018 Sivukivi A	44	3	3	5	34	<0,2	5	220	3	6	1010
2018 Sivukivi B	6	2	1	2	19	<0,2	1	147	2	<0,1	506

* Alueellinen taustapitoisuus Geologian tutkimuskeskuksen TAPIR-tietokannasta, keskimääräinen pitoisuus (GTK 2020)

Sivukiven hapontuottopotentiaalia tutkittiin ABA-testeillä vuosina 2018 ja 2020 (Taulukko 5-5). Maanalainen sivukivi luokituu ABA-testin tulosten osalta ei-happoa tuottavaksi, sillä

rikkipitoisuus on alle 1 % ja hapontuottokyvyn ja neutralointipotentiaalin suhde (NPR) on yli kolme. Vuoden 2018 sivukivinäytteiden sulfidisen rikin pitoisuuksia ei olla määritetty. Koska molemmissa näytteissä kokonaisrikkipitoisuudet ovat >0,1 % ja NPR < 1, voidaan ne luokitella mahdollisesti happoa tuottaviksi. Avolouhoksen sivukivestä ei tehty vuonna 2020 ABA-testiä.

Taulukko 5-5. Sivukivinäytteiden kokonaispitoisuudet, orgaanisen ja epäorgaanisen hiilen osuus, nettohapontuottokapasiteetti (AP), neutralointi-potentiaali (NP) ja hapontuottokapasiteetin ja neutralointipotentiaalin suhde (NPR).

Näyte	S (kok)	S (sulf.)	S(sulf.)/ S(kok)	C (kok)	C(carb)	C (non carb)	AP	NP	NPR
Määrittäysraja	0,005	0,01			0,01			0,5	
	%	%		%	%	%	kg CaCO ₃ / tn	kg CaCO ₃ / tn	
2020 Sivukivi, maalainen	0,6	0,4	0,7		1,1		12,8	81,4	6,4
2018 Sivukivi A	0,9						25,6	15	0,6
2018 Sivukivi B	0,6						16,6	9	0,5

5.3.4 Liukoisuusominaisuudet ja arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä

Sivukiven liukoisuusominaisuuksia arvioitiin 2-vaiheisella ravistelutestillä SFS-EN 12457-3 (Taulukko 5-6) vuosina 2018 ja 2020. Pitoisuudet olivat pääosin pieniä. Ainoastaan antimonin pitoisuus v. 2020 näytteessä ylitti vaarattoman jätteen kaatopaikalle VNa 331/2013:ssa asetetun raja-arvon. Perättäisten vuosien tulokset olivat myös melko vertailukelpoisia keskenään.

On kuitenkin huomattava, että 2-vaiheinen ravistelutesti ei kuulu kaivannaisjäteasetuksen varsinaisiin arviointiperusteisiin, vaikka testin tulosten esittäminen kaivannaisjätteen karakterisoinnissa on melko vakiintunut käytäntö Suomessa. 2-vaiheinen ravistelutesti soveltuu huonosti tuoreen kivimateriaan liukoisuusominaisuuksien arviointiin, koska mahdollinen sulfidien hapettumisen tai muiden kemiallisten reaktioiden aiheuttama aineiden mobilisoituminen ei ole vielä käynnistynyt.

Taulukko 5-6. Vuosien 2018 ja 2020 (maalainen) sivukivinäytteiden 2-vaiheisen liukoisuustestauksen tulokset.

Alkuaine	Vna 331/2013 suositus L/S 10			2020 Sivukivi maalainen	2018 Sivukivi A	2018 Sivukivi B
	Pysyvä	Vaaraton*	Vaarallinen			
	mg/kg	mg/kg	mg/kg			
As	0,5	2	25	0,1	0,1	0,03
Ba	20	100	300	<4,0	0,02	0,02
Cd	0,04	1	5	<0,01	<0,005	<0,005

Alkuaine	Vna 331/2013 suositus L/S 10			2020 Sivukivi maanalainen	2018 Sivukivi A	2018 Sivukivi B
Kaatopaikkaluokitus	Pysyvä	Vaaraton*	Vaarallinen			
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Cr	0,5	10	70	<0,1	<0,05	<0,05
Cu	2	50	100	<0,4	0,01	0,01
Hg	0,01	0,2	2	<0,002	0,0003	0,0004
Mo	0,5	10	30	<0,1	<0,01	<0,01
Ni	0,4	10	40	<0,1	<0,03	<0,03
Pb	0,5	10	50	<0,1	<0,01	0,03
Sb	0,06	0,7	5	0,9	0,4	0,3
Se	0,1	0,5	7	<0,03	<0,05	<0,05
Zn	4	50	200	<0,8	<0,02	0,04
V	-	-	-	<0,4	<0,05	<0,05
Cl ⁻	800	15 000	25 000	<160	7	<5,27
F ⁻	10	150	500	<2,0	0,7	0,8
SO ₄ ²⁻	1000	20 000	50 000	<200	50	46
DOC	500	800	1 000	<100	276	22
TDS	4000	60 000	100 000		16	228

*Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013) päivitetään jätelain uudistuksen myötä. Asetus tuli voimaan 1.12.2021. Termi tavanomaisen jätteen kaatopaikka on korvattu termillä vaarattoman jätteen kaatopaikka.

Maanalaisen sivukiven pitkäaikaikäkäyttymistä arvioitiin analysoimalla nk. NAG-testin loppuliuksen metalli- ja metalloidipitoisuudet. NAG-testissä sulfidinen rikki hapetetaan keinotekoisesti vetyperoksidilla, joten vertaamalla testin loppuliuksen metalli- ja metalloidipitoisuuksia kokonaispitoisuuksiin, voidaan arvioida sulfidisiin mineraaleihin sitoutuneiden alkuaineiden käyttäytymistä äärimmäisessä hapettumistilanteessa. Tulos ilmoitetaan myös osuutena kokonaispitoisuuksista ja viittaa siis siihen osuuteen aineen kokonaispitoisuudesta, joka voi (olosuhteiden salliessa) mobilisoitua vähitellen, mutta ei kerralla vaan pitkän ajan kuluessa.

Maanalaisessa sivukivessä NAG-testin loppuliuksen pH oli 5,05, joten ei ole todennäköistä, että sivukivestä aiheutuisi merkittävää hapanta valumaa. Arseeni ja antimoni, samoin kuin koboltti ja nikkeli mobilisoituivat liuokseen lähes kokonaan (Taulukko 5-7). Kobolttin ja nikkelin kuningasvesiliukoiset pitoisuudet ovat kuitenkin niin alhaisia, ettei niiden arvioida aiheuttavan merkittävää kuormitusta suotoveteen. Maanalaisen sivukiven arseeni- ja antimonipitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) kynnysarvot. Molempien metallidien liukoisuus kasvaa pH:n noustessa. Mikäli suotoveden pH pysyy neutraalina tai lähes neutraalina, ei arseenin tai antimonin arvioida muodostuvan merkittäviksi kuormittajiksi sivukiven suotovedessä.

Kaivannaisjätteiden pitkäaikaikäkäyttymistä NAG-testin loppuliusta paremmin kuvaava kosteuskammio-koee käynnistetään eri jätelajeille vuoden 2022 aikana.

Taulukko 5-7. Maanalaisessa kaivoksessa muodostuvan sivukiven vuoden 2020 NAG-testin loppuliuksen pH ja metallipitoisuudet sekä vertailu kokonaispitoisuuksiin, tulokset yksikössä mg/kg.

Alkuaine	pH	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
kok. pit.		16	2,3	1,9	66	17	0,02	6,0	250	4,9	1,0	526
NAG-uute	5,05	13	0,53	2,2	3,5	1,8	<1	9,4	0,11	5,5	0,17	160
%-osuus kok.pit.		83	24	116	5	10		157	0,05	112	17	30

5.3.5 Radiologiset ominaisuudet ja kuitumineraalit

Sotkamo Silver on toimittanut Säteilyturvakeskukselle (STUK) 17.5.2021 säteilylain mukaisen ilmoituksen hopeakaivoksen toiminnasta. Selvityksessä on ollut mukana testauselosteet malmin, sivukiven, rikastushiekan, rikasteiden ja kaivosvesien radioaktiivisuustutkimuksista. Tutkittujen aineiden uraani-238 ja torium-232 sekä näiden tuotteiden hajoamistuotteiden aktiivisuuspitoisuudet olivat vapauttamisrajaa 1 Bq/g pienempiä. Mineralogisissa tutkimuksissa ei ole tavattu tunnettuja radioaktiivisia mineraaleja eivätkä radioaktiivisten alkuaineiden pitoisuudet poikkea maankuoren keskimääräisissä pitoisuuksista.

Sotkamo Silverin kaivoksella on tehty työhygieeninen selvitys 23.9.2020 THL:n toimesta. Asbestia ei havaittu kaivoksessa eikä rikastamolla.

5.3.6 Sivukiven vaaraominaisuuksien arviointi

Kaivannaisjätteiden jäteluokittelussa ei louhinnassa syntyvälle jätteelle, ts. sivukiville, ole omaa luokkaa vaaralliselle jätteelle, vaan louhinnassa syntyvät kaivannaisjätteet luokitellaan metallimineraalien tai muiden mineraalien louhinnassa syntyväksi jätteeksi. Valtioneuvoston asetuksen kaivannaisjätteistä (VnA 190/2013) perusteella jätteet luokitellaan joko pysyviksi tai ei-pysyviksi asetuksen liitteen 1 perusteella.

Sivukivimateriaalin ominaisuuksia on jäteluettelosta huolimatta tarkasteltu ympäristövaarallisen jätteen, vaaraominaisuus HP 14, kriteerien mukaan siten, kuin Ympäristöministeriön oppaassa ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” on esitetty. Oppaan liitteessä 9 on annettu eri metalleille pitoisuusrajat ja yhteenlaskussa alin huomioitava pitoisuus (Cut-off-arvo). Käytetyt raja-arvot ja keskimääräiset pitoisuudet on esitetty taulukossa 5-8.

Oppaan ohjeistuksesta poiketen sivukivien kuiva-ainepitoisuuksina määritettyjä tuloksia ei ole muutettu pitoisuuksiksi tuorepainossa, koska kosteuspitoisuuden läjitetyssä sivukivessä oletetaan olevan merkityksetön.

Varsinainen vaaraominaisuustarkastelu tehdään kaksivaiheisesti:

1. Tarkastellaan, ylittävätkö vesiympäristölle vaarallisten tai haitallisten aineiden pitoisuudet kuvassa 5-1 esitettyjä cut-off-arvoja. Jos minkään Aquatic Acute

1(H400) tai Aquatic Chronic 1 (H410) -luokituksen saavan aineen tai yhdisteen pitoisuus ei ole yli 0,1 %, tai minkään Aquatic Chronic 2 (H411) Aquatic Chronic 3 (H412) tai Aquatic Chronic 4 (H413) -luokituksen saavan aineen tai yhdisteen pitoisuus ei ole yli 1 %, ei jätettä luokitella ympäristölle vaaralliseksi, eikä arviointia tarvitse jatkaa pidemmälle. Joillain metallisuoloilla käytetään 0,1 % sijaan erityisesti sille yhdisteelle annettua cut-off-arvoa, jossa metalli-ionien pitoisuus on laskettu pitoisuutena ko. yhdisteenä.

2. Tarkastellaan, ylittääkö jonkin yksittäisen aineen pitoisuus vaarallisen jätteen pitoisuusrajan. Ympäristöministeriön oppaan (YM 2019) taulukkoon 22 on neuvoston asetuksen yhteenlaskukaavojen perusteella laskettu vastaava yhden aineen pitoisuusraja kullekin CLP-asetuksen mukaiselle luokitukselle. Jos jäte sisältää vain yhtä vesiympäristölle vaaralliseksi luokiteltua ainetta, jäte luokiteltaisiin vaaralliseksi, jos aineen pitoisuus jätteessä on vähintään yhtä suuri kuin taulukon (Taulukko 5-8) pitoisuusraja. Silloin, kun jäte luokitellaan ympäristölle vaaralliseksi jo yhden aineen pitoisuuden perusteella, ei arviointia tarvitse jatkaa pidemmälle.

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

Välitön myrkyllisyys vesieliöille:

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

Pitkäaikaiset haittavaikutukset vesieliöille:

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

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

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

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

Kuva 5-1. Ympäristövaarallisuuden arvioinnin periaate (YM 2019).

Taulukko 5-8. Sivukivien (v. 2018 ja 2020) ympäristövaarallisuuden arviointi Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Metallionille sovellettavat vaarallisen jätteen pitoisuusrajat on laskettu suhteessa metallionin osuuteen koko kyseisen yhdisteen moolimassasta.

Pitoisuusraja (mg/kg)					2020 Sivukivi, avolouhos	2020 Sivukivi, maalainen	2018 Sivukivi A	2018 Sivukivi B
Alkuaine	Aquatic Acute 1, H400	Cut- off	Aquatic Chronic, H410	Cut- off	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Sb			25000	10000	7	5	3	2
As	250000	1000	2500	1000	22	16	44	6
Cd	250000	1000	2500	1000	10	2	3	2
Co (CoO)	200000	790	2000	790				
Co (CoCl ₂)	110000	450	1100	450				
Co (CoSO ₄)	95000	380	9500	380	2	2	3	1
Cr(VI)	250000	1000	2500	1000	58	58	5	2
Hg	250000	1000	2500	1000				
Cu (CuSO ₄)	100000	400	1000	400	1	66	34	19
Cu (CuCl ₂)	120000	470	12000	4700				
Pb	250000	1000	25000	1000	1275	250	220	147
Ni (NiSO ₄)	95000	380	950	380	4	6	5	1
Ni (NiS)	150000	600	1500	600				
Zn (ZnCl ₂)	120000	470	1200	470				
Zn (ZnSO ₄)	100000	4000	1000	400	1567	526	1010	506
V (V ₂ O ₅)			14000	5600	1	1	6	<0,1

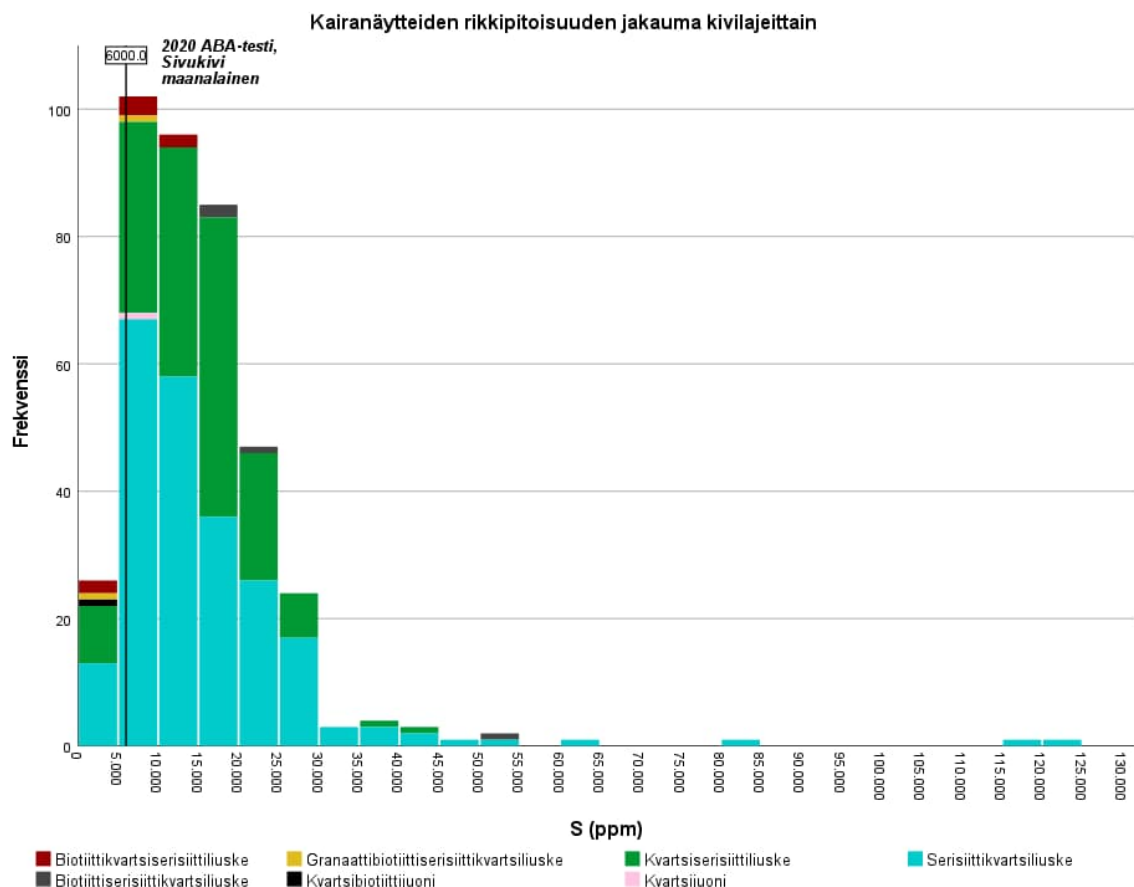
Sivukivien ympäristövaarallisuutta on arvioitu Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (Kuva 7 1). Vuoden 2020 avolouhoksen sivukivinäytteenä sinkkiä oli jätteessä 1 567 mg/kg (0,16 %) ja vuoden 2018 sivukivinäytteenä A 1010 mg/kg (0,101 %). EY:n CLP-asetuksen (2008) liitteen VI vaarallisten aineiden taulukossa (2008) on mainittu mm. sinkkikloridi ja -sulfaatti. Sinkkisulfaatti saa CLP-asetuksessa seuraavat vaaralausekkeet: Aqute Tox 4, H302, Eye Dam. 1, H318, Aquatic Acute 1, H400; Aquatic Chronic 1 H410. CLP-asetuksen mukaan alin mahdollinen sinkkipitoisuus laskettuna sulfaattimuotoon, jolla jäte voidaan luokitella vaaralliseksi jätteeksi, on ympäristövaarallisuuskriteerin perusteella 0,10 % (kts. Taulukko 7 8). Avolouhoksen v. 2020 sivukiven ja vuoden 2018 sivukivinäytteen A sinkkipitoisuudet ylittävät vaaralliselle jätteelle annetun, ympäristövaarallisuuden perusteella annetun alimman laskennallisen pitoisuusrajan 1 000 mg/kg. Näille sivukiville voidaan näytteiden sinkkisulfaattipitoisuuden perusteella varovaisuusperiaatteen nojalla antaa Komission asetuksen (EU) N:o 1357/2014 ja Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukainen vaaraominaisuus HP 14, ympäristölle vaarallinen jäte. (Avolouhoksen sivukivi ja v. 2018 sivukivinäyte A luokituvat täten vaaralliseksi jätteeksi.)

Maanalaisen louhoksen sivukivi ja v. 2018 sivukivinäyte B eivät luokituta ympäristölle vaaralliseksi jätteeksi, koska CLP-asetuksessa mainittujen ympäristölle vaarallisten aineiden tai yhdisteiden yksittäiset tai yhteenlasketut pitoisuudet eivät ylitä Neuvoston asetuksessa (EU) 2017/997 mainittuja pitoisuusrajoja.

Tulee huomioida, että koska sivukivet käsitellään yhtenä kokonaisuutena, ovat metallien pitoisuuserot tähän mennessä tutkittujen näytteiden välillä suuria. Lisäksi tutkittujen näytteiden määrä on pieni. Jäteluokitus varmistuu ja tarkentuu jatkossa osana velvoitetarkkailua tehtävien metallimääritysten myötä.

5.3.7 Sivukivinäytteiden edustavuus

Vuoden 2020 maanalaisen kaivoksen sivukivinäyte on kokoomanäyte, joka on kerätty kaivoksesta tasoilta 60, 220 ja 240. Avolouhoksen sivukivinäyte on koontinäyte, joka on kerätty avolouhoksen pinnasta louhitusta 15 metrin syvyydestä osasta ja yhden hehtaarin kokoiselta alueelta.



Kuva 5-2. Esimerkki rikkipitoisuuden jakautumisesta Sotkamo Silver Oy:n maan alaisessa kaivoksessa. Histogrammissa on kuvattuna kairasydänten T67 ja TU67 rikkipitoisuus kivilajeittain sekä pystyviivalla maanalaisen kaivoksen sivukivinäytteen ABA-testin rikkipitoisuus.

5.4 Rikastusjäännösten ominaisuudet

5.4.1 Fysikaaliset ominaisuudet

Rikastushiekka on lietemäistä jätettä. Rikastushiekkalietteen kiintoainepitoisuus on n. 32 massa-%. Rikastushiekan vedenläpäisevyydeksi määritettiin $5,2 \times 10^{-6}$ m/s. Läjityksessä rikastushiekan arvioidaan saavuttavan 80 massa-% kiintoainepitoisuuden.

Pyriittirikaste muodostuu rikastusprosessin kolmannessa vaahdotusvaiheessa. Pyriittirikaste, jota ei saada myytyä asiakkaille, suodatetaan vaahdotuksen jälkeen ja kuljetetaan koneilla pyriittialtaaseen varastoitavaksi. Läjitettäessä pyriittirikasteen kiintoainepitoisuus on 90 massa-%.

5.4.2 Mineralogia

Rikastushiekan ja pyriittirikasteen mineralogiset koostumukset on esitetty taulukoissa (Taulukko 5-9 ja Taulukko 5-10).

Vuonna 2020 rikastushiekasta otettiin kaksi näytettä (Rikastushiekka A ja Rikastushiekka B), jotka kuvastavat eri prosessitilannetta. Vuoden 2020 rikastushiekan mineralogia edustaa molempien rikastushiekkänäytteiden koostumusta. V. 2020 rikastushiekkänäytteen mineraloginen koostumus muistuttaa sivukiveä sekä aiemmin vuonna 2011 tehdyn Minipilot-rikastuskokeen rikastushiekan mineralogista koostumusta (Ramboll Finland Oy 2020).

Taulukko 5-9. Vuosien 2011 ja 2020 rikastushiekkänäytteiden mineralogiset koostumukset.

Mineraali	Kemiallinen kaava	2011	2020
		Rikastushiekka (m-%)	Rikastushiekka (m-%)
Kvartsi	SiO_2	60,1	55,4
Muskoviitti	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	23,0	22,8
Kalsiitti	CaCO_3	1,7	4,9
Mikrokliini	KAlSi_3O_8	0,7	3,9
Ankeriitti	$\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$		3,5
Biotiitti	$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	5,1	3,2
Dolomiitti	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	4,1	2,4
Kloriitti	$(\text{Fe,}(\text{Mg,Mn})_5,\text{Al})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	0,5	2,3
Pyriitti	FeS_2	3,3	1,3
Kalkopyriitti	CuFeS_2		0,2
Granaatti	$\text{X}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	0,6	
Götiitti	$\text{FeO}(\text{OH})$	0,3	
Magneetikiisu	$\text{Fe}_{0,83-1}\text{S}$	0,2	
Muut		0,5	
Yhteensä		100	100

Taulukko 5-10. Pyriittirikasteen mineraloginen koostumus.

Mineraali	Kemiallinen kaava	2020 Pyriittirikaste
		(m-%)
Kvartsi	SiO_2	10,3
Muskoviitti	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	4,5
Ankeriitti	$\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$	4,0
Pyriitti	FeS_2	71,7
Kalkopyriitti	CuFeS_2	0,9
Pyrrotiitti	$\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$	5,5
Arsenopyriitti	FeAsS	2,4
Molybdeniitti	MoS_2	0,6
Yhteensä		100

5.4.3 Geokemialliset ominaisuudet

Rikastushiekasta ja pyriittirikasteesta määritetyt kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet on esitetty alla (Taulukko 5-11).

V. 2020 rikastushiekassa A kadmiumin pitoisuus ylittää nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) kynnysarvon. Arseenin, lyijyn ja antimonin pitoisuudet ylittävät alemmat ohjearvot ja sinkin pitoisuus ylemmän ohjearvon. Rikastushiekassa B havaittiin vastaavaa, mutta lisäksi arseenipitoisuus ylitti VMA 214/2007 mukaisen ylemmän ohjearvon. Metallipitoisuudet muistuttavat jakaumaltaan sivukiveä. PIMA-asetuksen mukaisten kynnysarvojen ylitysten vuoksi molemmat rikastushiekat A ja B luokitellaan ei-pysyviksi kaivannaisjätteiksi.

Pyriittirikasteessa arseenin, kadmiumin, kuparin, lyijyn, antimonin sekä sinkin pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen (214/2007) ylemmät ohjearvot. Näistä erityisesti arseenin, lyijyn ja sinkin pitoisuudet ovat hyvin suuria. Lisäksi koboltin ja nikkelin pitoisuudet ylittävät kynnysarvot. Kynnysarvojen ylityksen vuoksi pyriittirikaste luokitellaan ei-pysyväksi kaivannaisjätteeksi.

Taulukko 5-11. Vuoden 2020 Rikastushiekanäytteiden ja pyriittirikasteen kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sekä PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) mukaiset kynnys- ja ohjearvot.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Määrittäysraja	1	0,01	0,1	1	0,5	0,01	1	0,2	0,05	1	1
Taustapitoisuus	0	0	4,7	20	13	0	13	0	0	19	17
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
Rikastushiekka A	76	1,8	1,5	26	45	0,045	3	445	18	<1	533
Rikastushiekka B	142	2,9	2,7	3	37	0,08	6	475	22	3	825
Pyriittirikaste	6149	39	63	26	215	0,41	75	1575	136	24	7516

Taulukko 5-12. Rikastushiekan vuosien 2019-2021 laadunseurannan metalli- ja metalloidipitoisuudet (kuningasvesiuutto, ICP-tekniikka).

Tunnus	Alkuaine						
	Ag	Cu	Pb	S	Sb	Zn	Fe
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2019 keskiarvo	21	40	570	15000	22	890	25000
2020 keskiarvo	15	26	330	13000	17	620	22000
2021 keskiarvo	11	21	280	4500	13	510	14000

Rikastushiekan koostumusta on tarkkailtu laadunvarmistusseurannassa vuosina 2019 – 2021 (Taulukko 5-12). Kupari-, lyijy-, antimoni- ja sinkkitulokset ovat samaa luokkaa karakterisointinäytteiden kanssa vuonna 2019, mutta vuosina 2020 ja 2021 keskimääräiset pitoisuudet ovat selvästi pienempiä rikkipitoisuuden alentuessa. Myös laadunvarmistustulosten perusteella, verrattaessa niitä VNA 214/2007 mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin, rikastushiekka on ei-pysyvää jätettä.

Rikastushiekan ja pyriittirikasteen ABA-testin tulokset on esitetty taulukossa 5-13. Pelkän sulfidisen rikin pitoisuuden sekä hapontuotto- ja neutralointipotentiaalin (NPR) suhteen perusteella rikastushiekka A voitaisiin luokitella pysyväksi jätteeksi. On huomattava, että sekä sulfidisen rikin pitoisuus että NPR täyttävät vain niukasti kaivannaisjäteasetuksessa (VNa 190/2013) liitteen 1 kohdassa 2b) esitetyt pysyvän jätteen kriteerit ($0,1 \% < S(\text{sulf.}) < 1 \%$, $\text{NPR} > 3$). Rikastushiekka B:n sulfidisen rikin pitoisuus oli $> 1 \%$ ja $\text{NPR} < 3$, joten se luokitellaan ei-pysyväksi kaivannaisjätteeksi.

Vuoden 2021 rikastamon laadunvarmistusseurannan mukaan rikastushiekan rikkipitoisuuden kuukausikeskiarvo on vaihdellut välillä 0,2–0,8 m-%, ollen keskimäärin 0,45 m-% (Kuva 5-3).

ABA-testin tulosten perusteella pyriittirikaste luokitellaan ei-pysyväksi kaivannaisjätteeksi, sillä sulfidisen rikin pitoisuus on yli 0,1 % ja NPR alle 3.

Taulukko 5-13. Rikastushiekan ja pyriittirikasteen ABA-testin tulokset.

Näyte	S kok	S sulfidi	sulfidi S/ kok S	C	C carb	C non carb	AP	NP	NPR
Määrittäysraja	0,005	0,01	2					0,5	
	%	%		%	%	%	kg CaCO ₃ / tn	kg CaCO ₃ / tn	
Rikastushiekka A	1,1	1,0	0,9		1,3		31	96	3,1
Rikastushiekka B	2,2	1,9	0,9		1,5		59	112	1,9
Pyriittirikaste	45	45	1,5		0,3		1407	23	0,02



Kuva 5-3. Rikastushiekan rikkipitoisuuden kuukausikeskiarvot vuonna 2021. Näytteet ovat rikastamon laadunvarmistusnäytteitä.

5.4.4 Rikastushiekan ja prosessiveden kemikaalijäämät

Rikastushiekassa ja prosessivedessä on jäämiä käytettävistä kemikaaleista, mm. sinkki- ja kuparisulfaateista sekä orgaanisista kemikaaleista, mm. natrium-isobutyryliksantaatti ja metyyli-isobutyrylikarbinoli. Rikastushiekassa on myös jäämiä louhinnassa käytettävistä räjähdysaineista.

Rikastuskemikaaleina käytettäviä metallisulfaatteja ei voida analyttisin keinoin erottaa malmista peräisin olevista metalleista tai sulfaatista. Kaivoksesta poistettavalle vedelle on tehty toksisuustestaus vuosina 2019 ja 2021 (vesikirpputesti ja valobakteeritesti).

5.4.5 Liukoisuusominaisuudet ja arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä

Rikastushiekkujen 2-vaiheisessa ravistelutestissä (Taulukko 5-14) ainoastaan antimonin pitoisuudet ylittivät vaarattoman jätteen kaatopaikalle asetetun raja-arvon (VNA 331/2013), muut testitulokset alittivat pysyvän jätteen kaatopaikan raja-arvot.

Pyriittirikasteen 2-vaiheisessa liukoisuustestissä antimonin ja sinkin pitoisuudet ylittivät vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuusraja-arvon. Lisäksi sulfaatin, nikkelin ja kadmiumin pitoisuudet ylittivät pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuusraja-arvot. Muut testitulokset alittivat pysyvän jätteen kaatopaikalle asetetut raja-arvot.

On kuitenkin huomattava, että 2-vaiheinen ravistelutesti ei kuulu kaivannaisjäteasetuksen varsinaisiin arviointiperusteisiin, vaikka testin tulosten esittäminen kaivannaisjätteen karakterisoinnissa on melko vakiintunut käytäntö Suomessa. 2-vaiheinen ravistelutesti soveltuu huonosti tuoreen kaivannaisjättemateriaalin liukoisuusominaisuuksien arviointiin, koska mahdollinen sulfidien hapettumisen tai muiden kemiallisten reaktioiden aiheuttama aineiden mobilisoituminen ei ole vielä käynnistynyt.

Taulukko 5-14. Rikastushiekan ja pyriittirikasteen 2-vaiheisen liukoisuustestauksen tulokset.

Alkuaine	Vna 331/2013 suositus L/S 10			Rikastushiekka A		Rikastushiekka B	Pyriittirikaste
	Pysyvä	Vaaraton*	Vaarallinen				
Kaatopaikkaluokitus	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
As	0,5	2	25	0,2	<0,1	<0,1	<0,1
Ba	20	100	300	<4,1	<4,0	<4,0	<4,0
Cd	0,04	1	5	<0,01	<0,01	0,1	0,1
Cr	0,5	10	70	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cu	2	50	100	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Hg	0,01	0,2	2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mo	0,5	10	30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ni	0,4	10	40	<0,1	<0,1	1,9	1,9
Pb	0,5	10	50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sb	0,06	0,7	5	2,1	3,1	1,9	1,9
Se	0,1	0,5	7	<0,03	0,04	0,04	0,04
Zn	4	50	200	<0,8	<0,8	52	52
V	-	-	-	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Cl ⁻	800	15 000	25 000	<160	<160	<160	<160
F ⁻	10	150	500	<2,0	<2,0	<4,0	<4,0
SO ₄ ²⁻	1000	20 000	50 000	360	427	7389	7389
DOC	500	800	1 000	<100	<100	<100	<100
TDS	4000	60 000	100 000				

*Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013) päivitettiin jätelain uudistuksen myötä. Asetus tuli voimaan 1.12.2021. Termi tavanomaisen jätteen kaatopaikka on korvattu termillä vaarattoman jätteen kaatopaikka.

Tarkasteltaessa rikastushiekkan A pitkäaikaiskäyttämistä NAG-testin loppuliuksen pitoisuuksien avulla, voidaan todeta, että ainoastaan koboltti, nikkeli ja antimoni mobilisoituvat merkittävässä määrin sulfidisen rikin hapettuessa (Taulukko 5-15). Koboltin ja nikkelin pitoisuudet rikastushiekassa A ovat kuitenkin pieniä, joten näiden metallien ei arvioida aiheuttavan merkittävää huuhtoutumisriskiä. Antimoni on jo ainakin osittain liukoissa muodossa, joten se saattaa aiheuttaa kuormitusta varsin emäksissä olosuhteissa. Rikastushiekassa B ei metallien mobilisoitumista havaittu vastaavassa suuruudessa kuin rikastushiekka A:ssa.

Pyriittirikasteen sinkki, kupari, kromi ja kadmium mobilisoituivat merkittävässä määrin sulfidisen rikin hapettuessa. Näistä erityisesti sinkin huuhtoutumisriskiin tulee kiinnittää huomiota.

Taulukko 5-15. Rikastushiekkan ja pyriittirikasteen NAG-testin loppuliuksen metallipitoisuudet sekä vertailu kokonaispitoisuuksiin, tulokset yksikössä mg/kg ja NAG-liukoisen %-osuus kokonaispitoisuudesta.

Alkuaine	pH	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Rikastushiekka A												
Kok.pit.		76	1,8	1,5	26	45	0,045	3	445	18	<1	533
NAG-uute	5,6	5,2	0,16	0,71	2,2	0,48	<1	2,14	0,03	9,6	0,098	28
%-osuus kok.pit.		6,8	9,2	49	8,7	1,1	-	71	0,01	54	-	5,2
Rikastushiekka B												
Kok.pit.		142	2,9	2,7	3	36,9	0,08	6	475	22,03	3	825
NAG-uute	4,6	1,86	1,52	2,09	2,86	4,81	0,001	4,52	0,219	2,85	0,071	329
%-osuus kok.pit.		0,01	0,52	0,77	0,95	0,13	0,01	0,75	0,00	0,13	0,02	0,40
Pyriittirikaste												
kok. pit.		6149	38,91	62,7	26	215	0,41	75	1575	136	24	7516
NAG-uute	2,2	1090	23,6	16,3	13,3	126	0,006	28,6	54,4	10	0,127	4030
%-osuus kok.pit.		18	61	26	51	59	1,5	38	3,5	7,4	0,5	54

5.4.6 Radiologiset ominaisuudet ja kuitumineraalit

Malmin, sivukiven, rikastushiekkan, rikasteiden ja kaivosvesien radioaktiivisuustutkimuksissa ei ole havaittu tunnettuja radioaktiivisia mineraaleja eivätkä radioaktiivisten alkuaineiden pitoisuudet poikkea maankuoren keskimääräisissä pitoisuuksista.

Sotkamo Silverin kaivoksella on tehty työhygieeninen selvitys 23.9.2020 THL:n toimesta. Selvityksessä ei havaittu asbestia kaivoksessa eikä rikastamolla.

5.4.7 Prosessivedet

Rikastushiekan mukana rikastushiekka-altaalle syötetään prosessivesiä osana lietettä. Pääosa kulkeutuneesta vedestä poistetaan pumppaamalla altaan pinnasta, mutta osa vedestä suotautuu altaiden pohjarakenteiden kautta juurisalaoja- ja suotovesiojiin.

Prosessivesi on osa altailla muodostuvaa veden laatua. Veden laatuun vaikuttavat myös rikastusjäynnösten (rikastushiekka ym.) rapautumistuotteet, sadevesi sekä läjitysalueen olosuhdetekijät. Prosessiveden analyysituloksia on koottu taulukkoon (Taulukko 5-16). Vesianalyysijä on käytetty syötteenä rikastushiekka-altaan vesijakeiden laatuarvioinnissa.

Taulukko 5-16. Rikastushiekka-altaan veden keskimääräisiä pitoisuuksia ajalla 1.1.2020-31.3.2021, n = näytemäärä.

	SO ₄	As kok	Sb kok	Cd kok	Co kok	Cr kok	Cu kok	Pb kok	Ni kok	Zn kok	U kok
	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Min	51	14	8.9	<0.1	<0.3	<1.0	2.1	1.9	<3.0	<15	<0.5
Maks.	910	58	590	0.3	0.9	<1.0	42	740	<3.0	940	<0.5
Keskiarvo	580	28	160	0.1	0.7	<1.0	12	160	<3.0	200	<0.5
n	15	15	15	5	6	5	14	14	5	15	5

5.4.8 Rikastushiekan ja pyriittirikasteen vaaraominaisuuksien arviointi

Rikastushiekan ja pyriitin ympäristövaarallisuutta on arvioitu Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (kappale 0 ja Taulukko 5-17). Rikastushiekan pitoisuuksissa on huomioitu kosteus 20 %. Pyriitin kosteus on n. 15 %. Jätteen luokittelu suoritetaan joko alun perin testattujen tai kuivapainoluvuista muunnettujen tuorepainojen perusteella (Komission tiedonanto 2018/C 124/01). Taulukon 5-17 tulokset on laskettu tuorepainoa kohti.

Pyriitin mahdollinen hapettuminen on eksoterminen reaktio. Paljon rikkiä sisältävä yhdiste voi täten olla myös itsesyttävää. Itsesyttävä jäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi vaaraominaisuudella HP 3, syttävä jäte. Pyriitin syttyvyyttä ei ole tutkittu, mutta tämä mahdollisuus tulee ottaa huomioon pyriittiä varastoitaessa. Komission luokitusoppaan mukaan syttyvyyden testaamisen sijasta syttyviä aineita (enemmän kuin vähäisiä jäämiä) sisältävän jätteellä voidaan vain olettaa olevan vaaraominaisuus HP 3 (Euroopan komissio, 2018). Pyriitille voidaan varovaisuusperiaatteen mukaisesti antaa vaaraominaisuus HP 3, syttävä jäte myös ilman testausta.

Rikastushiekan ja pyriitin ominaisuuksia on tarkasteltu ympäristövaarallisen jätteen, vaaraominaisuus HP 14, kriteerien mukaan siten, kuin Ympäristöministeriön oppaassa ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” on esitetty. Oppaan liitteessä 9 on annettu eri metalleille pitoisuusrajat ja yhteenlaskussa alin huomioitava pitoisuus (Cut-off-arvo), ks. Taulukko 5-17. Rikastushiekka ei luokituta ympäristölle

vaaralliseksi jätteeksi, koska ympäristölle vaarallisten aineiden pitoisuudet alittavat selvästi (EU) 2017/997 mukaiset pienimmät mahdolliset vaaralliseksi jätteeksi määrittämisen pitoisuusrajat vaaraominaisuuksien H410 ja H400 osalta.

Pyriittirikasteessa arseenin ja sinkkisulfaatin pitoisuudet ylittävät vaaralliselle jätteelle asetetut pitoisuusrajat (Aquatic Chronic, H410). Pyriittirikasteelle voidaan sen arseenipitoisuuden ja sinkkisulfaattipitoisuuksien perusteella varovaisuusperiaatteen nojalla antaa Komission asetuksen (EU) N:o 1357/2014 ja Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukainen vaaraominaisuus HP 14, ympäristölle vaarallinen jäte.

Taulukko 5-17. Rikastushiekan ja pyriitin ympäristövaarallisuuden arviointi Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Metallionille sovellettavat vaarallisen jätteen pitoisuusrajat on laskettu suhteessa metallionin osuuteen koko kyseisen yhdisteen moolimassasta. Rikastushiekan ja pyriitin haitta-aineiden pitoisuudet on laskettu tuorepainoa kohti.

Alkuaine	Pitoisuusraja (mg/kg)				Rikastushiekka A	Rikastushiekka B	Pyriittirikaste
	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic, H410	Cut-off	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Sb			25000	10000	14	18	116
As	250000	1000	2500	1000	61	114	5227
Cd	250000	1000	2500	1000	1	2	22
Co (CoO)	200000	790	2000	790			
Co (CoCl ₂)	110000	450	1100	450			
Co (CoSO ₄)	95000	380	9500	380	1	2	53
Cr(VI)	250000	1000	2500	1000	20	2	22
Hg	250000	1000	2500	1000			
Cu (CuSO ₄)	100000	400	1000	400	36	30	183
Cu (CuCl ₂)	120000	470	12000	4700			
Pb	250000	1000	25000	1000	356	380	1339
Ni (NiSO ₄)	95000	380	950	380	2	5	64
Ni (NiS)	150000	600	1500	600			
Zn (ZnCl ₂)	120000	470	1200	470			
Zn (ZnSO ₄)	100000	4000	1000	400	426	660	6389
V (V ₂ O ₅)			14000	5600	1	2	20

Huom. Mikäli metallionille on annettu CLP-asetuksen harmonisoidussa aineluettelossa ns. geneerinen eli yleinen luokitus, se on esitetty taulukossa 5-17. Metallionin yleistä luokitusta voidaan käyttää jäteluokituksessa silloin, jos muualla CLP-asetuksen aineluettelossa ei ole annettu jätteen sisältämälle metalliyhdisteelle omaa erillistä luokitusta, tai ei tiedetä minä yhdisteenä metalli-ioni esiintyy jätteessä.

Niille metallioneille, joille ei ole olemassa yleistä luokitusta, on taulukossa esitetty kyseisen metallin helppoliukoisten suolojen luokituksia. Metallionille sovellettava vaarallisen jätteen pitoisuusraja on laskettu suhteessa metallionin osuuteen koko



kyseisen metalliyhdisteen moolimassasta. Niistä yhdisteistä, joissa alkuaine voi todennäköisesti esiintyä jätteessä, tulisi jäteluokitukseen valita se yhdiste, jolla alkuaineelle tulisi alhaisin pitoisuusraja (ns. "reasonable worst case" -periaate).

5.4.9 Rikastushiekka- ja pyriittinäytteiden edustavuus

Rikastushiekasta on vuonna 2020 tutkittu kattavasti kaksi näytettä, jotka eivät edusta nykyistä prosessitilannetta. Tutkittujen rikastushiekkänäytteiden rikkipitoisuus on huomattavasti suurempi kuin nykyisin. Pyriitin rikastusprosessi on saatu nykyisin toimimaan vakaasti. Testattujen rikastushiekkänäytteiden hapontuotto-ominaisuudet ovat siis suuremmat kuin nykyisessä prosessitilanteessa muodostuvan rikastushiekan. Pyriittirikastenäyte edustaa muodostuvaa tuotetta.

Osana kaivoksen velvoitetarkkailua tullaan aloittamaan vuoden 2022 aikana rikastushiekan ja pyriitin tarkkailu. Rikastushiekasta ja pyriitistä muodostetaan kuukausittain kokoomanäytteet, joista tehdään molemmille jätelakeille ABA-testi sekä neljästi vuodessa rinnakkaisnäytteistä NAG-testi. Samoista rinnakkaisnäytteistä määritetään myös neljä kertaa vuodessa kuningasvesiliukoiset pitoisuudet seuraaville metalleille ja puolimetalleille: Sb, As, Ba, Hg, Cd, Ca, Co, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Ni, Fe, S, Se, Zn, Sn, U ja V. Kaksi kertaa vuodessa rikastushiekan ja pyriitin kuukausikokoomanäytteille tehdään liukoisuustesti, esim. 2-vaiheinen ravistelutesti, jolla selvitetään jätelakeiden lyhytaikaista liukoisuutta. Liukoisuustesti tehdään samasta kokoomanäyte-erästä kuin kuningasvesiuutto ja NAG-testi. Osana rikastamon omaa prosessitarkkailua seurataan seuraavien metallien ja puolimetalien Ag, Cd, Fe, Pb, Sb ja Zn sekä rikin pitoisuutta kuningasvesiuuton ja ICP-määrittelyn avulla.

5.5 Selkeytysaltaiden pohjalietteen ominaisuudet

Kaivosalueella muodostuvat vedet johdetaan selkeytysaltaisiin, joita on neljä kappaletta (selkeytysaltaat 2–5, selkeytysallas 1 on otettu käyttöön uutena pyriittialtaana). Louhoksen kuivatusvedet ja rikastamolta peräisin olevat vedet pidetään lähtökohtaisesti toisistaan erillään. Toiminta-aikana selkeytysaltaita tyhjennetään tarvittaessa lietteistä. Lietteiden laatu tutkitaan tyhjentämisen yhteydessä ja lietteet sijoitetaan maanalaiseen kaivokseen tai rikastushiekka-altaaseen, mikäli jätteen laatu tutkimustulosten perusteella sijoittamisen sallii.

Selkeytysaltaiden pinta-ala on yhteensä noin 1,9 hehtaaria. Altaat sijaitsevat kaivosalueella rikastamoalueen ja rikastushiekka-altaan välissä, lukuun ottamatta selkeytysaltaita 4 ja 5, jotka sijaitsevat avolouhoksen ja rikastamoalueen välissä. Allas 5 on kuiva, eikä se ole käytössä.

Taulukko 5-18. Selkeytysaltaiden pinta-alat ja tilavuudet.

Selkeytysallas	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)
Selkeytysallas 2	10 000	26 000
Selkeytysallas 3	8 000	11 400
Selkeytysallas 4	251	227
Selkeytysallas 5	612	774
Yhteensä	18 863	

Pohjalietteen kemiallista koostumusta, liukoisuuksia tai hapontuottopotentiaalia ei ole tutkittu, sillä edustavaa pohjalietettä ei vielä kaivostoiminnan aloittamisen jälkeen muodostunut. Pohjalietteiden arvioidaan vastaavan laadultaan sivukivien, rikastushiekan ja malmin kemiallista koostumusta. Pohjalietteen laatua voidaan karkeasti arvioida kaivoksen kuivatusveden sakkaan vertaamalla. Kuivatusveden kiintoaineksen lisäksi pohjaliete koostuu vähäisistä määristä rikastushiekkaa, sekä kaivosalueen muusta maa-aineksesta.

5.6 Vesienkäsittelyssä muodostuvat sakat

5.6.1 Geokemialliset ominaisuudet

Vesienkäsittelysakasta ja rikastushiekka-sakkaseoksesta (100:1) määritetyt kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet on esitetty seuraavassa (Taulukko 5-19).

Vesienkäsittelyssä muodostuvassa sakassa on osittain huomattavasti korkeampia metallipitoisuuksia kuin rikastushiekan ja sakan kanssa suhteessa 100:1 muodostetussa seoksessa (Taulukko 5-19). Vesienkäsittelysakan kiintoainepitoisuus on selkeytysaltaassa n. 10 %. Näytteestä analysoidut pitoisuudet on esitetty kuivapainona eli tuorepainona pitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä. Sakan ja rikastushiekan seoksen metalli- ja metalloidipitoisuudet eivät poikkea oleellisesti pelkän rikastushiekan pitoisuuksista.

Vesienkäsittelysakassa arseenin, kadmiumin, antimonin ja sinkin pitoisuudet ylittävät nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) ylemmät ohjearvot. Rikastushiekka-sakkaseoksessa lyijyn, antimonin ja sinkin pitoisuudet ylittävät nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) mukaiset alemmat ohjearvot ja kadmiumpitoisuus alemman ohjearvon. Mikäli nämä sakat käsitettäisiin kaivannaisjätteiksi, olisivat ne tällä perusteella ei-pysyviä kaivannaisjätteitä.

Taulukko 5-19. Vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan sekä sakan ja rikastushiekan seoksen (1:100) kuningasvesiliukoiset metallien ja metalloidien pitoisuudet sekä nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) mukaiset kynns- ja ohjearvot.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Määrittäysraja	0,7	0,3	0,3	0,7	1,4	0,2	0,5	0,5	1	0,5	1,9
Taustapitoisuus	0	0	4,7	20	13	0	13	0	0	19	17
Kynnsarvo	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
Vesienkäsittelysakka kuivattu	152	48	21	34	85	<0,2	34	212	171	71	3989
Rikastushiekka & Sakkaseos (100:1)	63	2,6	1,5	3	42,9	<0,2	2,3	253	16	<0,5	380

Vesienkäsittelysakan sulfidisen rikin pitoisuus on huomattavan alhainen ja toisaalta sakassa on korkea neutralointipotentiaali. Mikäli vesienkäsittelysakka olisi kaivannaisjätettä, hapontuotto-ominaisuudet alittaisivat pysyvän jätteen rajan, mutta metallipitoisuudet ylittäisivät sen. On kuitenkin huomattava, että vesienkäsittelysakassa alhainen sulfidirikkipitoisuus johtuu siitä, että rikki on jo hapettuneessa muodossa, mitä varsinaisille kaivannaisjätteille tarkoitetut hapontuottotestit eivät huomioi.

Jätejakeet luokitellaan aina erikseen, mutta tässä vesienkäsittelysakan ja rikastushiekan seosta on tarkasteltu kaivannaisjäteanalytiikan keinoilla yhteisvaikutuksen arvioimiseksi. Vesienkäsittelysakan sekä rikastushiekan ja sakan seoksen ABA-testin tulokset on esitetty taulukossa (Taulukko 5-20).

Rikastushiekan ja sakan seoksen sulfidisen rikin pitoisuus on 1,01 % sekä hapontuotto- ja neutralointikapasiteetin suhde (NPR) 2,33. Huomioiden sekä hapontuotto-ominaisuudet että metallipitoisuudet, seos luokiteltiin ei-pysyväksi, ei-vaaralliseksi jätteeksi (mikäli se siis olisi yksittäinen jätejake). Seoksen ominaisuudet muistuttavat lähinnä rikastushiekan ominaisuuksia, ja ovat lähellä rikastushiekan vastaavia tuloksia (kpl 5.4.3).

Taulukko 5-20. Vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan sekä sakan ja rikastushiekan seoksen (1:100) ABA-testin tulokset.

Näyte	S kok	S sulfidi	sulfidi S/ kok S	C	C carb	C non carb	AP	NP	NPR
Määrittämisraja	0,005	0,01	2					0,5	
	%	%		%	%	%	kg CaCO ₃ / tn	kg CaCO ₃ / tn	
Vesienkäsittelysakka kuivattu	0,161	0,04	0,25		0,21		1,25	24,1	19,3
Rikastushiekka & sakkaseos (100:1)	1,1	1,01	0,92		5,68		31,6	73,5	2,33

5.6.2 Liukoisuusominaisuudet ja arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä

Vesienkäsittelysakalle sekä rikastushiekan ja sakan (100:1) seokselle tehtiin kaksivaiheinen ravistelutesti (EN 12457-3), josta analysoitiin VNa 331/2013 mukaiset haitta-aineiden liukoisuudet. Analyysitulokset on esitetty alla (Taulukko 5-21 ja Taulukko 5-22).

Vesienkäsittelysakan haitta-aineiden liukoisuudet ovat pienet ja täyttävät suurilta osin pysyvän jätteen kaatopaikan vaatimukset. Antimonin, sulfaatin ja liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS) ylittävät pysyvän jätteen kaatopaikkasijoitukselle asetetut raja-arvot, mutta täyttävät vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerit. Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (TOC) 5,7 % täyttää VNA 331/2013 mukaisen vaarattoman jätteen pitoisuusrajan, kun huomioidaan asetuksen 28 §. Orgaanisista haitta-aineista BTEX-, PAH- ja PCB-yhdisteet alittivat VNA 331/2013 mukaiset pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerit. Öljyhiilivetypitoisuus (>C10-C40) ylittää pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerin, mutta täyttää Wahlström et al. (2006) mukaisen enimmäispitoisuussuosituksen (2500 mg/kg) vaarattoman jätteen kaatopaikalle (Taulukko 5-22).

Rikastushiekan ja vesienkäsittelysakan seoksen kaksivaiheisen ravistelutestin liukoinen antimonipitoisuus ylittää selvästi vaarattoman jätteen kaatopaikan raja-arvon. Muuten mitatut pitoisuudet olivat pieniä. VNa 331/2013 mukaisia haitta-aineiden kokonaispitoisuuksia ei seoksesta määritetty BTEX-yhdisteitä lukuun ottamatta.

Taulukko 5-21. Vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan sekä sakan ja rikastushiekan seoksen (1:100) 2-vaiheisen liukoisuustestauksen tulokset.

Alkuaine	Vna 331/2013 suositus L/S 10			Vesienkäsittelysakka	Rikastushiekka & Sakkaseos (100:1)
	Pysyvä	Vaaraton*	Vaarallinen		
Kaatopaikkaluokituss	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
As	0,5	2	25	<0,1	<0,1
Ba	20	100	300	<4,0	<4,0
Cd	0,04	1	5	<0,01	<0,01
Cr	0,5	10	70	<0,1	<0,1
Cu	2	50	100	<0,4	<0,4
Hg	0,01	0,2	2	<0,002	<0,002
Mo	0,5	10	30	0,3	<0,1
Ni	0,4	10	40	<0,1	<0,1
Pb	0,5	10	50	<0,1	<0,1
Sb	0,06	0,7	5	0,24	1,7
Se	0,1	0,5	7	0,05	0,03
Zn	4	50	200	<0,8	<0,8
V	-	-	-	-	-
Cl ⁻	800	15 000	25 000	<160	<160
F ⁻	10	150	500	<2,0	<2,0
SO ₄ ²⁻	1000	20 000	50 000	1826	338
DOC	500	800	1 000	420	<100
TDS	4000	60 000	100 000	5800	990

* Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013) päivitetään jätelain (646/2011) uudistuksen myötä.

Asetus tuli voimaan 1.12.2021. Termi tavanomaisen jätteen kaatopaikka on korvattu termillä vaarattoman jätteen kaatopaikka.

Taulukko 5-22. Vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan sekä sakan ja rikastushiekan seoksen (1:100) kaatopaikkakelpoisuustestin haitta-aineiden kokonaispitoisuusmääritysten tulokset ja VNA 331/2013 mukaiset raja-arvot.

Yhdiste	Yksikkö	Vna 331/2013 suositus			Vesienkäsittelysakka kuivattu	Vesienkäsittelysakka märkä
		Pysyvä	Vaaraton	Vaarallinen		
PCB-yhdisteet (7 kongeneeria)	mg/kg KA.	1	-	-	<0.07	ei määritetty
PAH-yhdisteet (EPA 16)	mg/kg KA.	40	-	-	<3.0	ei määritetty
Öljyhiilivedyt >C10-C40	mg/kg KA.	500	-	-	780	ei määritetty
BTEX-yhdisteet	mg/kg KA.	6	-	-	ei määritetty	<0.12
TOC	% KA.	3	5/10*	6	5.7	ei määritetty

*VNA 331/2013 28 §:n mukaan vaarattoman jätteen kaatopaikan pintarakenteen tiivistyskerroksen alla olevaan jätettyttöön tai rakenteeseen hyväksytään vain sellaista vaaratonta jätettä, jonka biohajoavan ja muun

orgaanisen aineksen pitoisuus määritettynä orgaanisen hiilen kokonaismääränä tai hehkutushäviönä on enintään 10 prosenttia.

Vesienkäsittelysakan NAG-testin loppuliouksessa kobolttia, nikkeliä ja sinkkiä mobilisoitui jonkin verran (Taulukko 5-23). Näistä ainoastaan sinkkiä on huomattava määrä sekä kokonaispitoisuutena että NAG-testin loppuliouksessa. Rikastushiekan ja sakan seoksen NAG-testin loppuliouksessa ei mitattu merkittäviä metallipitoisuuksia, ainoastaan antimonia mobilisoitui kohtalaisesti loppulioukseen. Osasyynä havaittuihin pitoisuuksiin voidaan pitää loppuliouksen korkeaa pH:ta (9,5), jolloin osa metalleista on saattanut saostua hydroksideina ulos liouksesta.

Taulukko 5-23. Vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan sekä sakan ja rikastushiekan seoksen (1:100) NAG-testin loppuliouksen metallipitoisuudet sekä vertailu kokonaispitoisuuksiin, tulokset yksikössä mg/kg.

Alkuaine	pH	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Vesienkäsittely-sakka kuivattu												
Kok.pit.		152	48	21	34	85	<0.2	34	212	171	71,4	3989
NAG-uute	6,24	0,1	0,93	4	0,54	11	<0.001	10	0,091	1,02	0,032	680
%-osuus kok.pit.		0,07	1,9	19	1,6	13	-	29	0,04	0,59	0,04	17
Rikastushiekka & sakkaseos (100:1)												
Kok.pit.		63	2,6	1,5	3	43	<0.2	2,3	253	16	<0.5	380
NAG-uute	9,5	2,1	0,001	0,001	0,03	0,05	<0.001	0,02	0,17	6,9	0,077	0,3
%-osuus kok.pit.		3,40	0,04	0,07	1,00	0,12	-	0,88	0,07	42,00	-	0,08

5.6.3 Vaaraominaisuuksien arviointi

Vesienkäsittelysakan ja vesienkäsittelysakka-rikastushiekkaseoksen ympäristövaarallisuutta on arvioitu Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (kappale 5.3.6). Vesienkäsittelysakan ja sakkaseoksen pitoisuuksissa on huomioitu molempien näytteiden osalta kosteus 20 %, eli vastaava kuin rikastushiekan kosteus. Jätteen luokittelu suoritetaan joko alun perin testattujen tai kuivapainoluvuista muunnettujen tuorepainojen perusteella (Komission tiedonanto 2018/C 124/01). Taulukon tulokset on laskettu tuorepainoa kohti.

Vesienkäsittelysakan ja vesienkäsittelysakka-rikastushiekkaseoksen ominaisuuksia on tarkasteltu ympäristövaarallisen jätteen, vaaraominaisuus HP 14, kriteerien mukaan siten kun Ympäristöministeriön oppaassa ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” on esitetty. Oppaan liitteessä 9 on annettu eri metalleille pitoisuusrajat ja yhteenlaskussa alin huomioitava pitoisuus (Cut-off-arvo), ks. Taulukko 5-24.

Vesienkäsittelysakan ympäristövaarallisuutta on arvioitu Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (Kuva 5-1). Vesienkäsittelysakka sekä Vesienkäsittelysakka-rikastushiekkaseos eivät luokituta ympäristölle vaaralliseksi jätteeksi, koska ympäristölle vaarallisten aineiden pitoisuudet alittavat selvästi (EU) 2017/997 mukaiset pienimmät

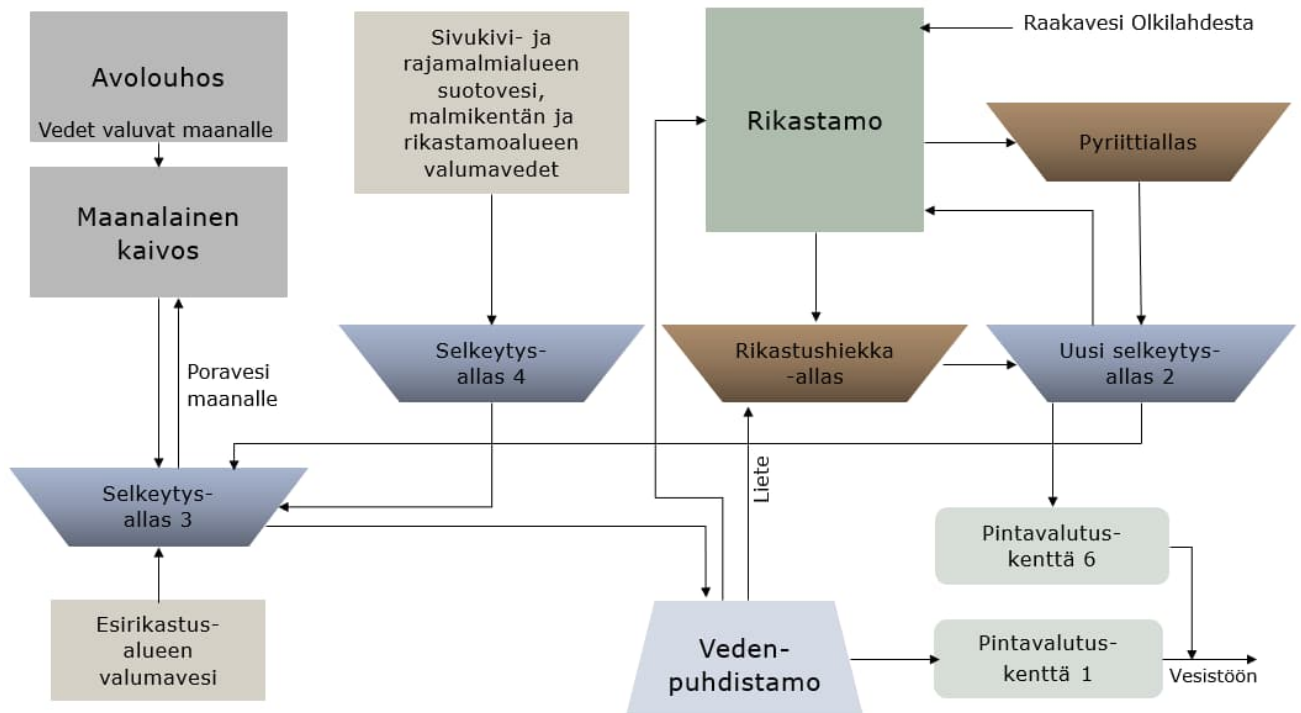
mahdolliset vaaralliseksi jätteeksi määräytymisen pitoisuusrajat vaaraominaisuuksien H410 ja H400 osalta.

Taulukko 5-24. Vesienkäsittelysakan ja vesienkäsittelysakka-rikastushiekkaseoksen ympäristövaarallisuuden arviointi Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Metallionille sovellettavat vaarallisen jätteen pitoisuusrajat on laskettu suhteessa metallionin osuuteen koko kyseisen yhdisteen moolimassasta. Sakkojen haitta-aineiden pitoisuudet on laskettu tuorepainoa kohti.

	Pitoisuusraja (mg/kg)				Vesienkäsittelysakka	Rikastushiekka & Sakkaseos (100:1)
Alkuaine	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic, H410	Cut-off	mg/kg	mg/kg
Sb			25000	10000	17	13
As	250000	1000	2500	1000	15	50
Cd	250000	1000	2500	1000	5	2
Co (CoO)	200000	790	2000	790		
Co (CoCl ₂)	110000	450	1100	450		
Co (CoSO ₄)	95000	380	9500	380	2	1
Cr (VI)	250000	1000	2500	1000	3	2
Hg	250000	1000	2500	1000		
Cu (CuSO ₄)	100000	400	1000	400	9	34
Cu (CuCl ₂)	120000	470	12000	4700		
Pb	250000	1000	25000	1000	21	202
Ni (NiSO ₄)	95000	380	950	380	3	2
Ni (NiS)	150000	600	1500	600		
Zn (ZnCl ₂)	120000	470	1200	470		
Zn (ZnSO ₄)	100000	4000	1000	400	399	304
V (V ₂ O ₅)			14000	5600	7	<0,5

5.7 Vesienhallinta

Sivukivi- ja rajamalmialueen suotovedet kerätään selkeytysaltaiden 4 ja 3 kautta vedenpuhdistamolle, josta vedet jatkavat pintavalutuskentän 1 kautta vesistöön. Rikastushiekka-altailla erottuva vesi pumpataan selkeytysaltaalle 2 ja suurin osa vedestä jatkaa rikastamolle raakavedeksi. Pieni osa selkeytysaltaan 2 vedestä johdetaan pintavalutuskentän 6 kautta vesistöön. Kaaviossa (Kuva 5-4) on kuvattu kaivosalueen vesikierto.



Kuva 5-4. Vesikierto kaivosalueella.

6 Kaivannaisjätteiden jätealueet ja niiden pohjarakenteet sekä jätealueiden luokitukset

6.1 Kaivannaisjätteen jätealueen määritelmä

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

Kaivannaisjätteen jätealueena ei asetuksen mukaan kuitenkaan pidetä aluetta, joka ei ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava ja johon sijoitetaan alle kolmeksi vuodeksi pilaantumaton maa-ainesta, pysyvää jätettä tai etsinnässä tai turvetuotannon yhteydessä syntyvää kaivannaisjätettä, joka ei ole vaarallista jätettä, taikka alle vuodeksi muuta kuin edellä mainittua kaivannaisjätettä, joka ei ole vaarallista jätettä.



Hyötykäyttöön louhittavan kiviaineksen varastoalue ei ole kaivannaisjätealue, kun kiviainesta varastoidaan väliaikaisesti ennen hyödyntämistä.

6.2 Pintamaan läjitysalueet

Mahdollisuuksien mukaan louhoksen alueelta poistettava moreeni käytetään rakennetuissa padoissa. Moreenia käytetään myös teiden, varikkoalueiden ja muiden kohteiden pohjatöissä sekä ympäristönsuojelun edellyttämässä rakenteissa. Ylijäävä moreeni ja muut maa-ainekset (turve ja kasvukerros) on varastoitu ja ne varastoidaan meluvalliin ja pintamaiden läjitysalueille. Erilaiset materiaalit sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan omiin kasoihin. Varastoitavat maa-ainekset hyödynnetään alueen jälkihoidon yhteydessä muun muassa maisemointiin.

Pintamaan läjitysalue on luonteeltaan tilapäinen, pintamaat hyödynnetään kaivoksen sulkemisessa. Pintamaan läjitysalueet eivät ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava kaivannaisjätealueita.

6.3 Sivukivialue

6.3.1 Sivukivialueen käyttö

Sivukiven laatujaottelu on kivilaji- ja mineralogiaperusteinen. Sivukivialuetta käytetään ainoastaan toiminnan aikana avolouhoksen sivukiven ja rajamalmien sekä esirikastamon hylkykiven läjitykseen. Toiminnan loppuvaiheessa alueelta kuljetaan kaikki sivukivet maanalaisen kaivoksen täyttöihin.

Ympäristölupapäätöksen mukainen sivukivialueen ylin täyttötaso saa olla enintään +240 (N2000), mikä tarkoittaisi noin +37 m korkeaa sivukivikasaa. Tällä hetkellä suunnitellun sivukivialueen maksimikorkeus on kuitenkin huomattavasti matalampi, koska sivukiveä käytetään maanalaisen kaivoksen täyttöön. Luiskat toteutetaan 1:3 kaltevuudella. Sivukivialueen suotovedet kerätään alueen reunaajiin, joita pitkin vedet johdetaan selkeytysaltaaseen ja edelleen vedenpuhdistamolle. Sivukivialueen paikkavalinnassa on huomioitu louhinnan tarpeet, maaperätiedot, ympäröivän alueen luontoarvot ja muut mahdolliset herkkyydet.

6.3.2 Sivukivialueen pohjarakenne

Sivukivialueen ja rajamalmialueen pohjarakenne koostuu luontaisesta tai rakennetusta turvekerroksesta, jonka paksuus on tiivistettynä vähintään 0,4 metriä ja tiivistyneen turpeen laskennallinen vedenläpäisevyys pääosin enintään 5x10⁻¹⁰ m/s. Turvekerroksen päälle tapahtuva täyttötoiminta toteutetaan kerroksittain siten, että ei aiheuteta turvekerrosten tai muun toteutetun rakenteen olennaista syrjäytymistä tai liikkumista.

6.3.3 Sivukivialueen luokitus

Sivukiven läjitysalueella tai sen läheisyydessä mahdollisella vaikutusalueella ei kaivoksen toiminta-aikana oleskele muita ihmisiä kuin alueella työskentelevät, minkä perusteella vaara ihmishenkien menetykselle ja ihmisten terveydelle voidaan katsoa olevan mitätön (kaivannaisjäteasetus 190/2013, liite 2, kohta 1.2.a).

Sivukivialueelle läjitetään tilapäisesti suhteellisen vähäinen määrä sivukiveä, Alueen suunnittelussa on otettu huomioon läjitettävän aineksen geotekniset ominaisuudet.

Sivukiven läjitysalue ei ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava kaivannaisjätealue.

6.4 Rikastushiekka-allas

6.4.1 Rikastushiekka-altaan käyttö

Rikastushiekka-altaalle läjitetään rikastushiekan lisäksi vähäisiä määriä vesienkäsittelyssä muodostuvaa sakkaa. Rikastushiekkaliete pumpataan altaaseen n. 30 m-% kiintoainepitoisuudessa ja puretaan altaaseen tasaisesti padon reunoilta. Beachin kaltevuuskulmaksi on mittaustulosten perusteella muodostunut n. 0,5 %. Vapaata vettä ei allasteta patoa vasten. Altaan keskelle kertyvä vapaa vesi johdetaan pumppaamalla selkeytysaltaaseen 2, josta vesi kierrätetään takaisin prosessiin tai pumpataan pintavalutuskentälle 6 ja sieltä edelleen ulos kaivosalueelta.

Rikastushiekka-allasta korotetaan vaiheittain toiminnan aikana. Nykyistä rikastushiekka-allasta on korotettu tasolle +224,5 m kahdella varsinaisella ja yhdellä välikorotuksella. Sotkamo Silver Oy on saanut ympäristölupapäätöksen 25.2.2022 (Dnro PSAVI/4503/2021) nykyisen rikastushiekka-altaan ja entisen selkeytysaltaan 2 yhdistämiselle. Yhdistetyn rikastushiekka-altaan padon harjakorkeus on +228 m ja läjitettävän rikastushiekan määrä 2,3 milj. m³. Yhdistetyn rikastushiekka-altaan koko on noin 20 ha.

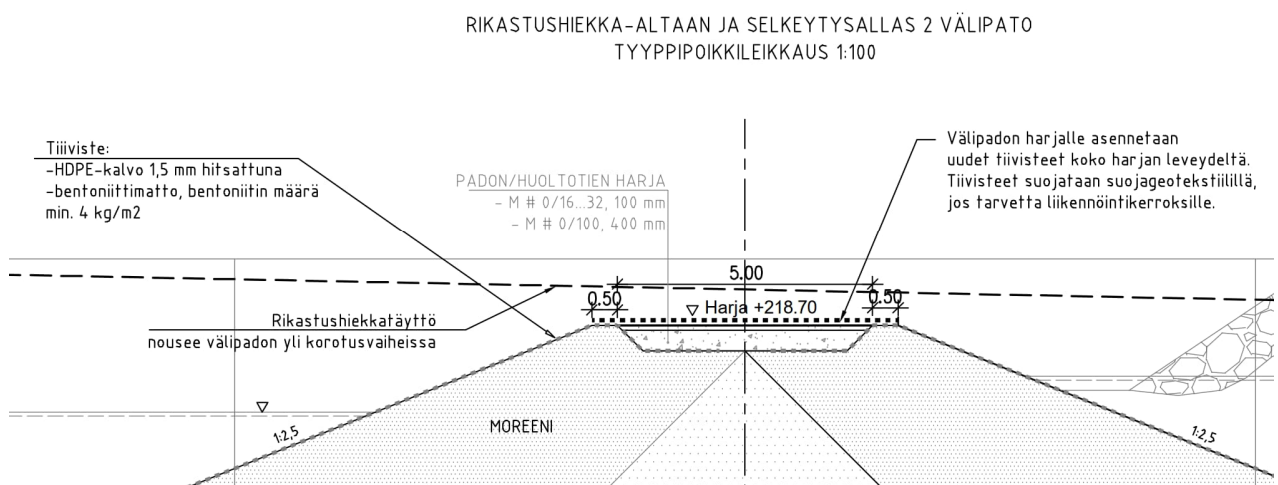
6.4.2 Rikastushiekka-altaan padot

Patojen mitoitus perustuu pääasiassa ohjeeseen Patoturvallisuusopas (Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2018). Mitoituksessa on käytetty lisäksi soveltuvien osien GruvRIDASsta (Svensk Energi AB 2010), joka on Ruotsin patoturvallisuusoppaan kaivannaisteollisuuden patoihin keskittynyt osio.

Rikastushiekka-altaan padot on rakennettu moreenista. Patomoreenin päälle märän puolen luiskaan on levitetty tiivistematto, joka on erillisen bentoniittimaton ja HDPE-kalvon yhdistelmä. Patorakenteet on rakennettu ulottumaan tiiviiseen pohjamoreeniin tai kallioon asti. Padon rakenne vaihtelee rakentamis- / maaperäolosuhteiden mukaan. Patoja korotetaan toiminnan jatkuessa ns. ylävirtaan eli siten, että padon harja siirtyy jokaisessa korotuksessa sisäänpäin altaaseen. Rikastushiekka-altaan lopullisiksi jäävät reunapadot

muotoillaan ulkoluiskaltaan keskimäärin kaltevuuteen 1:3 tai loivemmiksi. Patojen kuivalle puolelle on rakennettu suotovesiojat, jotka on suojattu eroosiota vastaan kalliomurskeella.

Rikastushiekka-altaan ja selkeytysallas 2 välipato tulee altaiden yhdistymisen myötä jäämään rikastushiekkatäytön alle. Välipadon harjalla bentoniittimatton ja HDPE-kalvon yhdistelmätiiviste ei ole yhtenäinen, joten ennen rikastushiekkatäytön leviämistä välipadon alueelle tullaan padon harjalle nykyisten liikennöintikerrosten päälle asentamaan lisätiivisteet yhtenäisen tiivisrakenteen varmistamiseksi (Kuva 6-1).



Kuva 6-1. Lisätiivisteet SA2- ja RH-altaiden välipadon harjalla.

6.4.3 Rikastushiekka-altaan pohjarakenne

Rikastushiekka-altaan pohjarakenne koostuu luontaisesta tai rakennetusta turvekerroksesta. Lupamääräyksen mukaan tiivistyneen turvekerroksen paksuus on oltava vähintään 0,4 metriä ja tiivistyneen turpeen laskennallinen vedenläpäisevyys enintään 5×10^{-10} m/s.

Selkeytysallas 2 tiivisrakenne on vastaava kuin käytössä olevassa rikastushiekka-altaassa. Tiivisrakenne on lupapäätöksen nro 56/2018/1 mukainen eli patoluiskassa on bentoniittimatton ja HDPE-kalvon yhdistelmä sekä pohjassa luontainen tai rakennettu tiivisturvekerros. Myös altaan patorakenteet ovat vastaavat kuin nykyisessä rikastushiekka-altaassa, padot ovat moreenirakenteisia patoja, joissa sisäluiskan puolella mineraalisena tiivisteinä toimii hienoainespitoinen moreeni. Selkeytysallas 2 reunapadon nykyinen korko on +218.0. Altaan rakentaminen on valvottu ja dokumentoitu lupapäätöksen mukaisesti ja todettu vaatimusten mukaisesti rakennetuksi. Kainuun ELY-keskus on antanut altaan käyttöönottohyväksynnän vesialtaana.

6.4.4 Rikastushiekka-altaan luokitus

Rakenteellisen vakavuuden perusteella rikastushiekka-allas ei edellytä luokittelua suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi jätealueeksi. Myöskään vaarallisen jätteen määrä eikä ympäristölle tai terveydelle vaarallisten kemikaalien määrä ei edellytä luokittelua. Tarkemmat perusteet on esitetty kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa.

6.5 Pyriittiallas

6.5.1 Pyriittialtaan käyttö

Pyriittirikaste läjitetään altaaseen kuivaläjityksenä, vesipitoisuus läjityksessä on alle 10 %. Rikastushiekka-altaan koko on noin 1 ha.

6.5.2 Pyriittialtaan padot ja pohjarakenne

Nykyinen pyriittiallas on toiminut ennen selkeytysaltaana 1.

Aiemman ympäristöluvan Dnro PSAVI/91/04.08/2011 mukaan pyriittialtaan pohjarakenteen ja patojen sisäluiskien on muodostuttava seuraavista rakennekerroksista:

- vähintään metrin paksuinen pohjamoreenikerros ja padossa moreenikerros, jotka on tasattu ja tiivistetty ja joiden pintakerroksista on poistettu kivet
- bentoniittimatto, jonka vedenläpäisevyys vastaa 5 metrin kerrosta 10^{-9} m/s maakerrosta
- 2,0 mm HDPE-kalvo, joka on asennettu saumoiltaan tiiviinä

Selkeytysaltaan 1 bentoniittimaton ja HDPE-kalvon päälle asennettiin toinen vastaavanlainen yhdistelmä rakenne. Rakenne poikkeaa hieman altaan pohjalla ja padon luiskassa seuraavasti:

Rakenteet padon sisäluiskassa ylhäältä alas:

- 1,5 mm HDPE MRS kitkakalvo
- Bentoniittimatto 4 kg/m^2
- Lujiteverkko
- Vanha rakenne: 1,5 mm HDPE-kalvo sileä
- Vanha rakenne: bentoniittimatto 4 kg/m^2

Rakenteet pyriittialtaan pohjalla ylhäältä alas:

- 1,5 mm HDPE-kalvo sileä
- Bentoniittimatto 4 kg/m^2
- Vanha rakenne: 1,5 mm HDPE-kalvo sileä
- Vanha rakenne: bentoniittimatto 4 kg/m^2

Vanhan HDPE-kalvon ja uuden bentoniittimaton välinen kitkakulma on laskennallisesti niin pieni, että on mahdollisuus rakenteiden liikkumiselle ja haitallisten vetojännitysten syntymiselle. Tästä johtuen padon sisäluiskassa käytettiin vanhan ja uuden yhdistelmätiivisteen välissä lujiteverkkoa estämään haitallisten vetojännitysten kohdistumista itse tiivistisiin. Altaan pohjalla lujitteen käytölle ei ole tarvetta.

6.5.3 Pyriittialtaan luokitus

Rakenteellisen vakavuuden perusteella pyriittiallas ei edellytä luokittelua suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi jätealueeksi. Kuitenkin valtioneuvoston asetuksen (717/2009) perusteella pyriittiallas luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi perustuen jätteen laatuun. Tarkemmat perusteet on esitetty kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa.

6.6 Kaivannaisjätealueiden pohjatutkimukset

Rikastushiekka-allas, nykyinen pyriittiallas (aiemmin selkeytysallas 1) ja sivukivialue on rakennettu vuosina 2018-2019. Toteutussuunnittelu on tehty vuosina 2017-2018. Ennen toteutussuunnittelua alueille on tehty kattavasti pohjatutkimuksia useammassa vaiheessa. Pohjatutkimusten perusteella on selvitetty mm. pohjamaan ja saatavilla olevien materiaalien soveltuvuutta patorakentamiseen, massanvaihtojen tarvetta sekä turvekerroksen paksuuden ja laadun soveltumista altaiden ja sivukivialueen pohjarakenteeksi.

Allasalueelle on tehty yhteensä 42 kpl painokairauksia, 150 kpl turvepaksuusmittauksia, 36 kpl moreenin laatuun liittyviä koekuoppatutkimuksia ja 15 kpl häiriintyneitä näytteenottoja. Lisäksi on tehty heijarikairauksia 2 kpl. näiden tutkimusten lisäksi alueen turvepaksuuksia on tutkittu aiemmin mm. maatutkan avulla. Häiriintyneiden näytteiden perusteella on tutkittu mm. patorakenteissa käytetyn moreenin rakeisuuksia ja vedenläpäisevyyksiä sekä turpeen ominaisuuksia.

Sivukivialueelle on tehty painokairauksia 9 kpl ja turpeen paksuusmittauksia 13 kpl. Lisäksi alueelle on tehty 5 kpl koekuoppatutkimuksia.

7 Sulkemisen jälkeisen tilan konseptuaaliset mallit

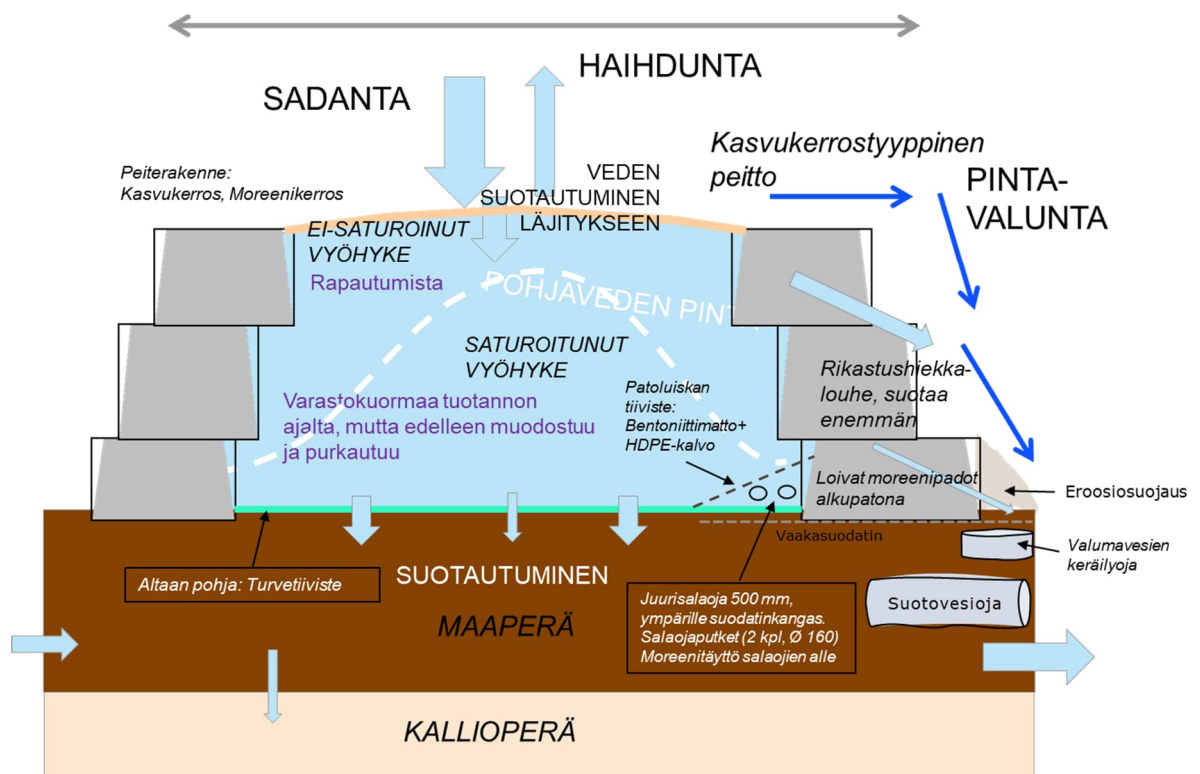
7.1 Konseptualisoinnin tarkoitus

Toiminta-alueen konseptuaalisella eli käsitteellisellä mallintamisella pyritään havainnollistamaan jälkihoidettavan kohteen sisäisiä prosesseja sekä suhdetta ympäristöönsä. Jälkimmäinen sisältää mahdollisten haitta-aineiden ja haittatekijöiden kulkeutumis- ja vaikutusreittien alustavan tunnistamisen. Konseptuaalisen mallin avulla tunnistetaan sijaintikohtaisesti kohteen sulkemisen jälkeiseen tilaan liittyvät potentiaaliset

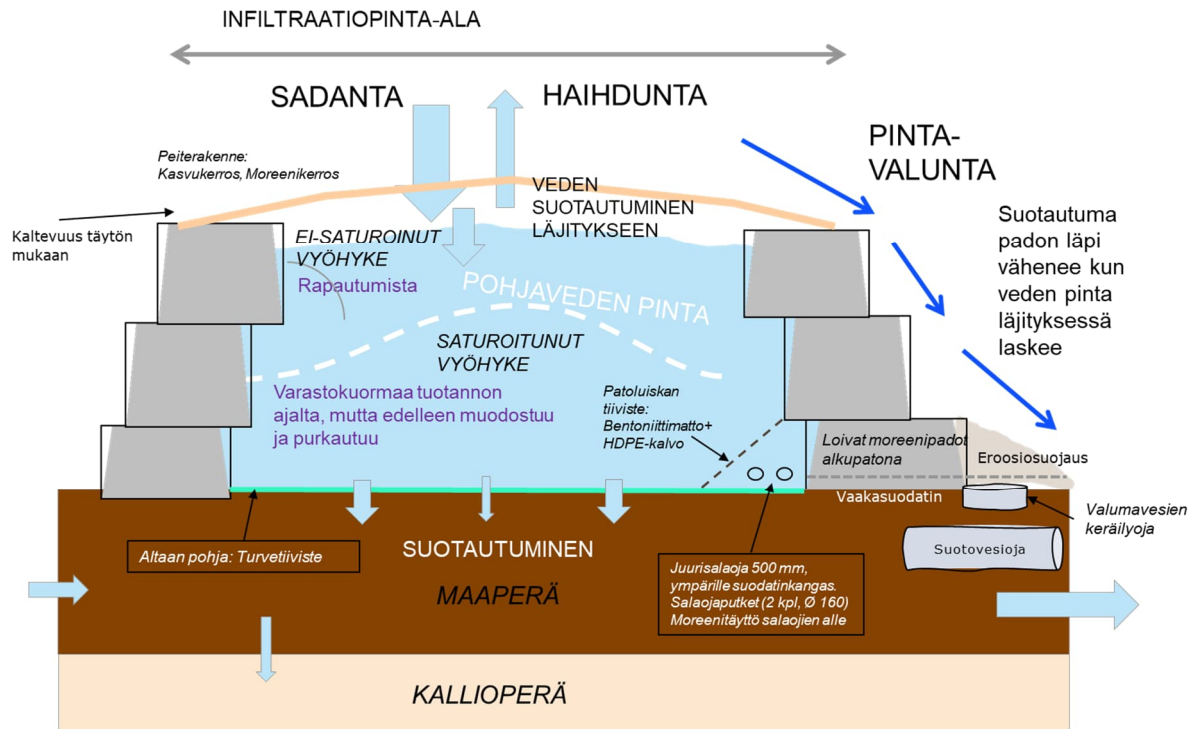
haittavaikutukset, jotka sulkemissuunnittelun keinoin on pyrittävä ehkäisemään. Konseptuaalinen malli on siis myös tavoiteasettelun työkalu. Lisäksi konseptuaalisten mallien avulla pyritään varmistamaan, että sulkemisen jälkeistä tilaa kuvaavissa malleissa ja sulkemissuunnittelussa huomioidaan tarvittavat syötteet ja tekijät. Varsinaisten source term -mallien (osakohteiden veden laatu- ja määrämallien) konseptuaaliset mallit esitetään vielä erillisessä sulkemisen jälkeisen ajan source term -raportissa (liite 2).

7.2 Rikastushiekka-alueen konseptuaalinen malli

Rikastushiekka-altaan yksinkertaistetut konseptuaaliset mallit, jotka kuvaavat tilannetta heti sulkemisen jälkeen ja pitkällä aikavälillä sulkemisen jälkeen on esitetty alla (Kuva 7-1 ja Kuva 7-2). Sulkemisen jälkeen suotautuminen padon läpi vähenee, kun veden määrä rikastushiekka-alueella vähenee ja vesipinta alenee, lietteen pumppauksen päätyttyä. Pintavalunta lakialueelta mahdollistuu uuden muotoilun takia, mutta jää kuitenkin vähäiseksi. Hapettumisreaktioita (ja muuta rapautumista) tapahtuu vähäisesti lähinnä pintaosissa läjitystä. Myös tuotannon aikana rikastushiekkaan varastoituneita rapautumistuotteita poistuu. Alkuvaiheessa rikastushiekan huokosvedessä on runsaasti prosessivesijäämiä, joiden merkitys vähenee prosessiveden korvautuessa vähitellen sadevedellä.



Kuva 7-1. Rikastushiekka-alueen konseptuaalinen malli heti sulkemisen jälkeen.

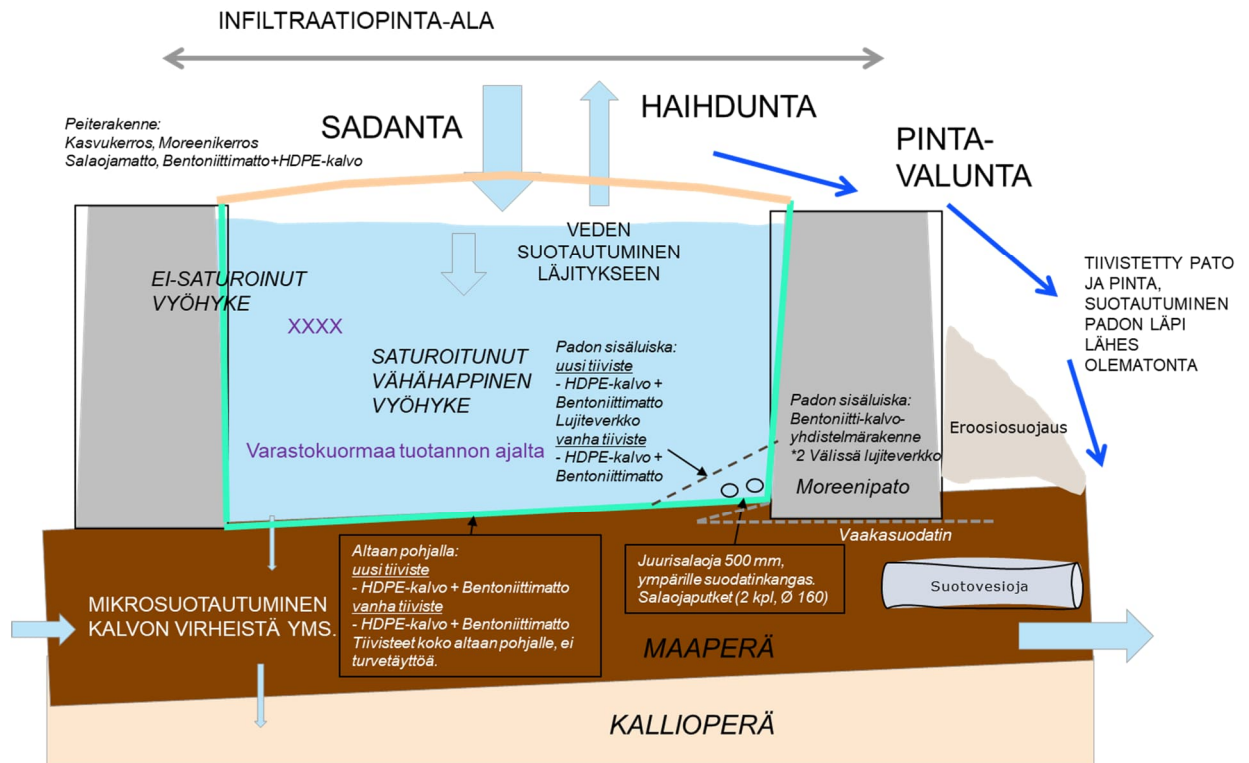


Kuva 7-2. Rikastushiekka-altaan läjitysalue sulkemisen jälkeen pitkällä aikavälillä, konseptuaalinen malli.

7.3 Pyriittialtaan konseptuaalinen malli

Pyriittialtaan konseptuaalinen malli pitkällä aikavälillä sulkemisen jälkeen on esitetty kuvassa (Kuva 7-3).

Pyriittiallas on muotoiltu moreenitäytöllä sivulta toiselle viettäväksi, mutta allas voidaan muotoilla myös kuperaksi. Tiivistettyjen moreenipatojen läpi suotautuminen on lähes olematonta. Altaan pohjalla on tiivis bentoniitti-kalvo -yhdistelmä rakenne, jonka läpi tapahtuu korkeintaan hyvin vähäistä, mahdollisista kalvon vioittumisista johtuvaa mikrosuotautumista. Varovaisuusperiaatteen puitteissa tämä pohjasuotautuman mahdollisuus kuitenkin huomioidaan. Saturoitunut vyöhyke ulottuu verrattain korkealle läjityksessä. Pintarakenne on tiivis ja minimoi sadannan imeytymisen läjitykseen. Pääosa sadevesistä ohittaa siis läjityksen kokonaan. Läjityksessä vallitsevat vähähappiset olosuhteet myös vedellä kyllästyneen kerroksen yläpuolella. Vallitsevia reaktioita ovat pelkistysreaktiot sekä jossain määrin sellaisten hapekkaissa olosuhteissa muodostuneiden sekundäärimineraalien purkautuminen, joiden pysyvyys olosuhdemuutoksen myötä on alentunut.



Kuva 7-3. Pyriittialtaan läjitysalueen konseptuaalinen malli sulkemisen jälkeen.

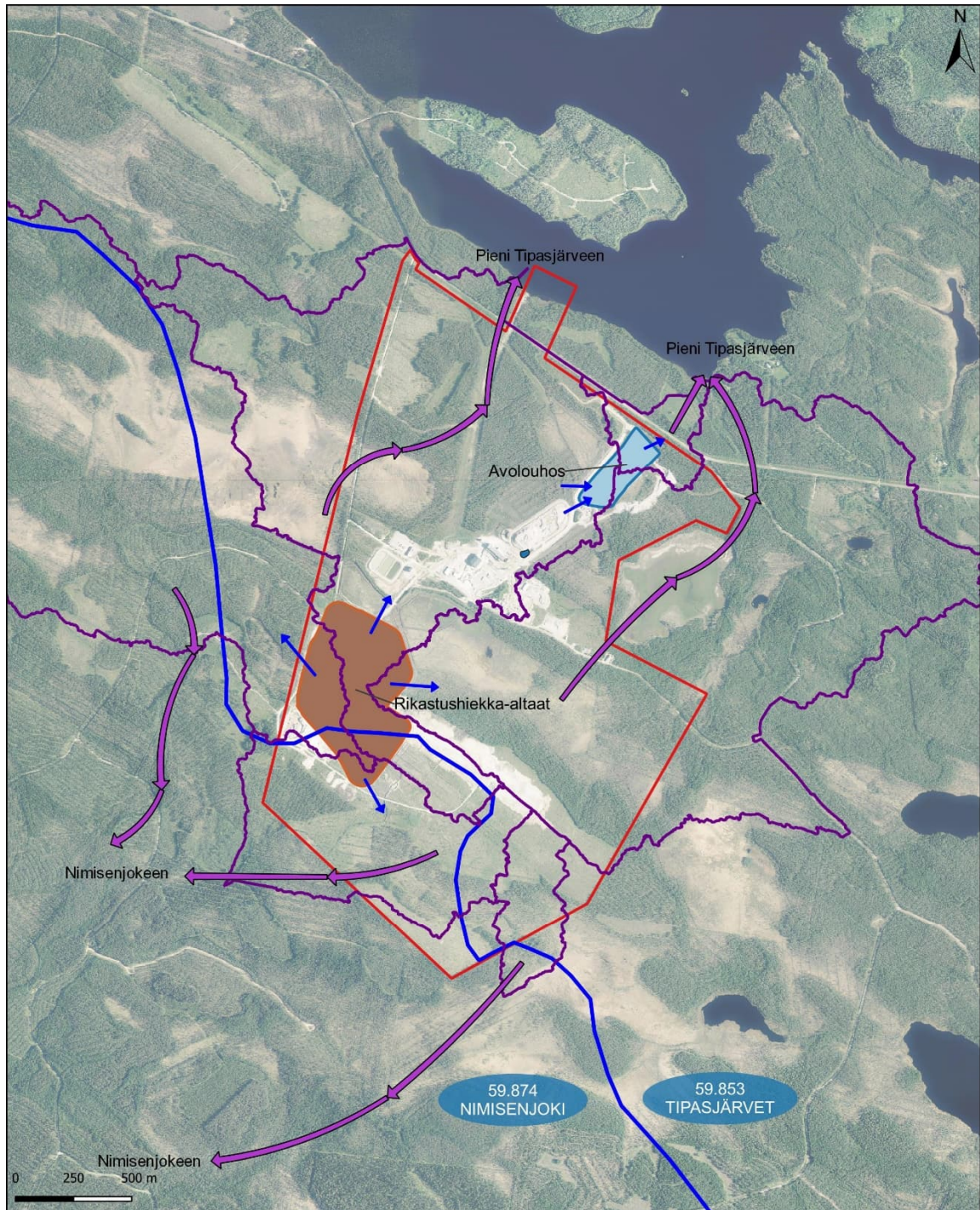
7.4 Hydrologinen käsitteellistäminen

Pinta- ja pohjavesien virtaussuunnat kaivoksen sulkemisen jälkeen, louhoksen täyttymisvaiheessa on esitetty kuvassa (Kuva 7-4).

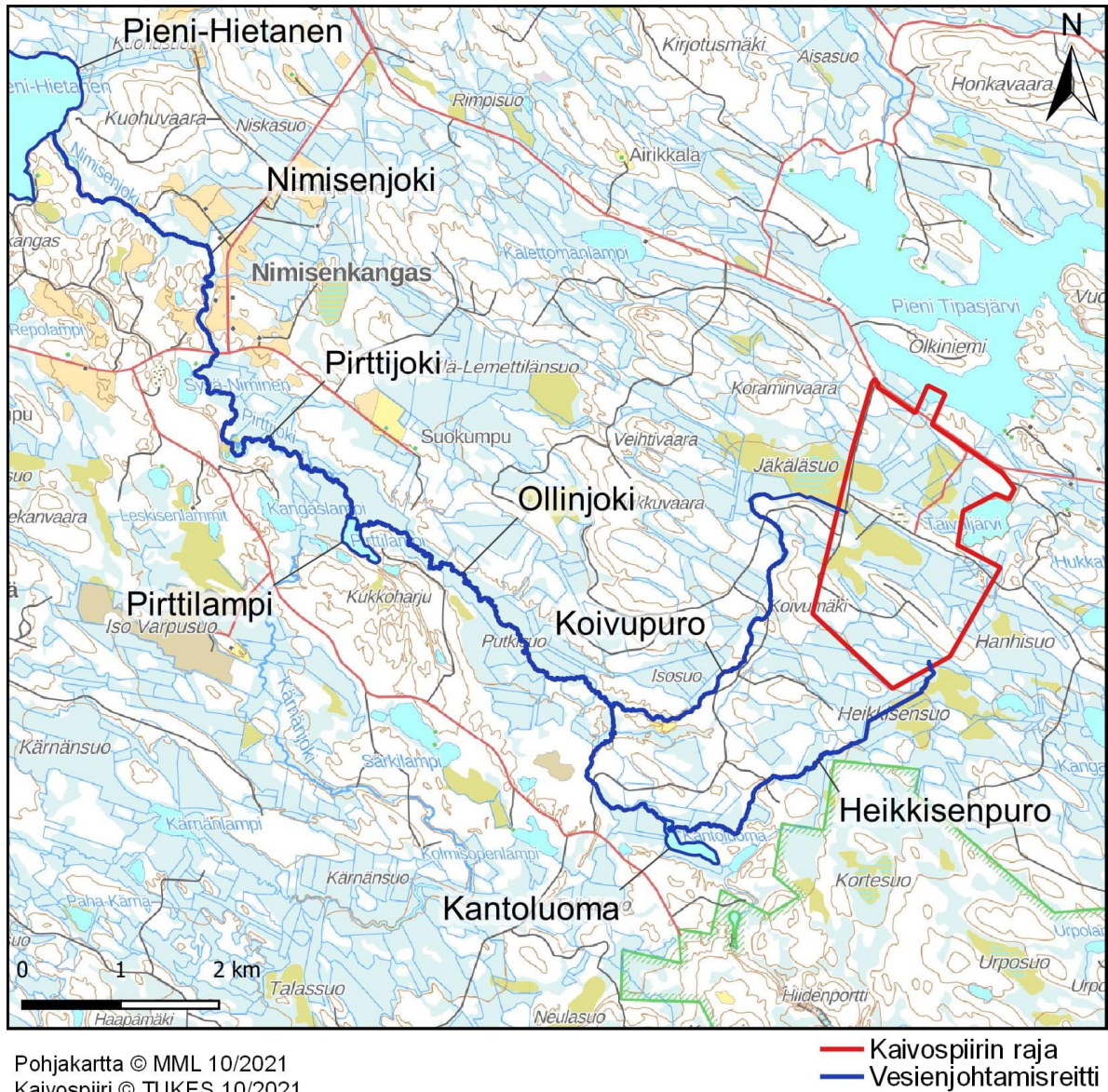
Avolouhokseen virtaa pintavesiä kaivosalueelta rikastushiekka-alueen suunnasta. Myös pyriittialtaasta oletetaan varovaisuusperiaatteen puitteissa voivan tapahtua vähäistä veden suotautumista avolouhokseen, mutta pääosin pyriittialtaasta poistuu vesiä pintavaluntana pintarakenteen päältä. Avolouhoksesta virtaa pinta- ja pohjavesiä avolouhoksen täytyttyä edelleen Pientä Tipasjärveä kohti.

Kaivosalueen etelä-osista ja rikastushiekka-allasalueen eteläisimmästä osasta poistuu jonkin verran pintavesiä Nimisenjoen valuma-alueelle päin, mistä ne kulkeutuvat Nimisenjokeen. Rikastushiekka-altaasta Nimisenjoen suuntaan kulkeutuu arviolta 25 % suotovesistä ja Pienen Tipasjärven suuntaan noin 75 prosenttia vesistä. Osa kaivosalueen vesistä virtaa sulkemisen jälkeen reittiä Koivupuro-Ollinjoki-Pirttilampi-Pirttijoki-Nimisenjoki ja osa reittiä Heikkisenpuro-Kantoluoma-Ollinjoki- Pirttilampi-Pirttijoki-Nimisenjoki (Kuva 7-5).

Myöhemmässä vaiheessa eli pitkällä aikavälillä kaivoksen sulkemisvaiheen jälkeen louhosjärvi täyttyy ja alueen vesien virtaussuunnat palautuvat alueen alkuperäisiä tilaa muistuttaviksi.



Kuva 7-4. Vesien virtaussuunnat kaivoksen sulkemisen jälkeen.



Kuva 7-5. Vesien virtausreitit Nimisenjoen suuntaan kaivoksen sulkemisen jälkeen.

8 Riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen suunnittelun alkaessa

Sulkemissuunnittelun alkuvaiheessa tavoiteasettelun ja toimenpiteiden valinnan tueksi suoritettiin riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen, joka käsitellään tässä kappaleessa. Riskien tunnistamisen tukena käytettiin mm. perustilatietoja, tietoja jätteiden ominaisuuksista sekä sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellistämistä ja aiempaa alustavaa sulkemissuunnitelmaa.



Riskien ja mahdollisuuksien tunnistamisen pohjalta (BAT-päätelmät huomioiden) laadittiin ehdotus sulkemistoimenpiteiksi, joita tarkasteltiin vielä vaikutusarvioinnin ja jäännösriskiarvioinnin keinoin. Valmiit suunnitelmat olivat mukana koko hankkeen ympäristöriskien arvioinnissa, jossa käsiteltiin jäännösriskit (kappale 14).

Suunnittelun alkuvaiheessa keskeisinä riskeinä huomioitiin seuraavat asiat:

- Avolouhoksen jyrkät seinämät aiheuttavat turvallisuusriskin alueella liikkuville louhosjärven vedenpinnan ollessa vielä alhaalla (pian sulkemisen jälkeen).
 - o Hallinta: Avolouhos aidataan ja pääsy alueelle estetään varoituskyltein.
- Louhosjärven veden pinnan yläpuolelle jäävät luiskat aiheuttavat riskin alueella liikkuville jyrkkyyden tai sortumavaaran takia tai veden pinnan alapuolella ei ole riittävästi luiskaa, jotta veteen joutunut ihminen tai eläin pääsisi sieltä poistumaan.
 - o Hallinta: Louhosseinämät luiskataan riittävän loivaksi esim. louhimalla ja loiva luiskaus ulotetaan muutamia metrejä arvioidun lopullisen vedenpinnan alapuolelle. Näin vedenvaraan joutunut ihminen tai eläin pääsee poistumaan louhoksesta.
- Läjitysalueiden luiskat jäävät epästabiileiksi ja sortumavaara aiheuttavaa riskin alueella liikkuville.
 - o Läjitysalueiden rinteet toteutetaan riittävän loivina (1:3).
- Läjitysalueiden suotovesien laatu on heikko tai niitä muodostuu erityisen paljon.
 - o Lähtötietojen valossa suotoveden laatua voivat heikentää esimerkiksi sulfidien hapettumistuotteet rikastushiekassa ja erityisesti pyriitissä sekä sulkemisen alkuvaiheessa louhinnassa käytetyistä räjähdettäineistä peräisin oleva typpi.
 - o Hallinta: Pyriittiallas peitetään tiiviillä peittorakenteella mahdollisimman pian toiminnan päättymisen jälkeen. Myös rikastushiekka-allas peitetään mahdollisimman nopeasti. Rikastushiekka- ja pyriittialtaan suotovesien ohjaaminen louhosjärveen soveltuvin osin aloitetaan mahdollisimman nopeasti.

Alustavasti on tunnistettu seuraavat mahdollisuudet. Nämä esitetään alla toimintatapaehdotuksineen. Kaikki tässä esille nostetut toimintatapaehdotukset eivät välttämättä tule osaksi lopullista sulkemissuunnitelmaa, sillä osa soveltuu paremmin määriteltäviksi aikanaan lopullisen sulkemistyön toteuttamissuunnitelman yhteydessä.

- a) Maaston muotojen muokkauksella voidaan edistää biodiversiteettiä.
 - o Toimintatapa: Vältetään ”teollista” maaston muotoilua, siellä missä se on mahdollista ja helpoimmin toteutettavissa. Sovelletaan mahdollisimman luonnonmukaisia pinnanmuotoja siellä missä se on mahdollista.

- b) Maaston muotojen muokkauksella voidaan luoda soveltuvia elinolosuhteita uhanalaisille lajeille.
 - o Toimintatapa: Hyödynnetään maaston muotoilua kosteusolosuhteiltaan erilaisten alueiden muodostamiseksi.
- c) Alue palaa soveltuvilta osin ulkoilu- ja virkistys sekä metsätalouskäyttöön.
 - o Kasvitetaan alue soveltuvilta osin ja varmistetaan alueturvallisuus siten, että liikkumisrajoitukset alueella voidaan sulkemisen jälkeen purkaa mahdollisimman suurelta osin.
- d) Alueen tiestöä ja varikoita pystytään hyödyntämään esim. metsätalouden tai muun toiminnan piirissä.
 - o Tiestö jätetään paikoilleen ja sitä kunnossapidetään tarkkailutoiminnan vaatimusten osalta. Kunnossapito muilta osin ja tarkkailun jälkeen ratkaistaan yhteistyössä alueen sidosryhmien kanssa.

9 Sulkemista koskevat vaatimukset

9.1 Kaivoksen sulkemista koskeva lainsäädäntö

Kaivoslain (621/2011) 15. luku käsittelee kaivostoiminnan lopettamista. Luvussa esitettyjen säännösten mukaan kaivosalue on toiminnan päättyessä viipymättä saatettava yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon. Lisäksi on huolehdittava sen kunnostamisesta, siistimisestä ja maisemoinnista. Kaivostoiminnan päätyttyä kaivostoiminnan harjoittaja edelleen vastaa kaivosluvassa annettujen määräysten tai kaivostoiminnan lopettamispäätöksessä annettujen määräysten mukaisesti kaivosalueen ja kaivoksen apualueen seurannasta. Lisäksi kaivostoiminnan harjoittaja vastaa edelleen mahdollisista tarvittavista korjaavista toimenpiteistä ja niiden kustannuksista.

Kemikaaliturvallisuuslain (390/2005) 133 § määrää toiminnan lopettamisesta aiheutuvista velvoitteista. Tuotantolaitoksen käytöstä poistettavan osan rakenteet ja alueet on tarvittaessa puhdistettava. Vaarallisista kemikaaleista ja räjähteistä on myös huolehdittava siten, ettei niistä aiheudu henkilö-, ympäristö- eikä omaisuusvahinkoja.

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 94 §:n mukaan luvanvaraisen toiminnan päätyttyä toiminnanharjoittaja vastaa edelleen tarvittavista toimita ympäristön pilaantumisen estämiseksi. Lisäksi toiminnanharjoittaja vastaa edelleen toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta lupamääräysten mukaisesti. Mikäli lupa ei sisällä riittäviä määräyksiä toiminnan lopettamiseksi, on lupaviranomaisen annettava tätä tarkoittavat määräykset.

Ympäristönsuojeluasetuksen (713/2014) 16 §:n mukaan voidaan kaatopaikkojen osalta esittää määräyksiä liittyen käytöstä poistamiseen ja sulkemiseen. Lisäksi voidaan

esittää määräyksiä siitä, kuinka kauan toiminnanharjoittajan on vastattava kaatopaikan jälkihoidosta, kuitenkin vähintään 30 vuotta. Mikäli toiminnasta kuitenkin aiheutuu maaperän tai pohjaveden pilaantumista, on toiminnanharjoittaja velvollinen puhdistamaan maaperän ja pohjaveden ympäristönsuojelulain 14 luvun säännösten mukaisesti.

Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013) edellyttää, että toiminnanharjoittaja vastaa jätealueen käytöstä poistamisen jälkeen tehtävistä jälkihoitotoimista sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta. Toiminnanharjoittajan vastuu jatkuu niin kauan kuin on tarpeen, jotta saadaan varmistettua, ettei alueesta aiheudu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. Lisäksi on pystyttävä varmistamaan, että alue on vakaa ja pysyvästi maisemoitu eikä alueesta aiheudu onnettomuuden vaaraa ja siitä aiheutuvaa ympäristökuormitusta. On myös pystyttävä varmistamaan, että vaikutusalueen pinta- tai pohjavesien tilaa ei ole enää tarpeen tarkkailla. Tarvittavista toimista määrätään ympäristönsuojelulain nojalla annettavissa määräyksissä.

9.2 Hyviä käytäntöjä kaivoksen sulkemisessa

Lainsäädännön ja lupaehtojen ohessa sulkemissuunnittelussa huomioidaan hyvät käytännöt. Toisaalta tämä voidaan nähdä myös lainsäädännön asettamana vaatimuksena, sillä ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaan luvanvaraisessa ja rekisteröitävässä toiminnassa tulee soveltaa parasta käyttökelpoista tekniikkaa. Parhaan käyttökelpoisen tekniikan arvioinnissa sovelletaan kaivannaisjätteen BREF dokumenttia "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries" (EC 2018) ja sen soveltamisesta laadittua ympäristöministeriön opasta "Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF-vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen". BREF-dokumentin mukaiset menettelyt eivät ole sitovia ja toiminnassa voidaan käyttää muita soveltuvia rakenteita tai toimintatapoja, joilla saavutetaan vähintään vastaava ympäristönsuojelullinen tila. Hyvää sulkemissuunnitteluprosessia kuvaa erityisesti "Integrated Mine Closure – Good Practice Guide, 2nd Edition" (ICMM 2019).

9.3 Sijaintikohtaiset vaatimukset

Sotkamo Silverin hopeakaivoksen sulkemista koskevat sijaintikohtaiset vaatimukset on koottu taulukkoon (Taulukko 9-1).

Taulukko 9-1. Sijaintikohtaiset vaatimukset hopeakaivoksen sulkemiselle.

Vaikutus-kohde	Keskeistä vaikutuskohteesta	Erityisesti huomioitava
Vastaanottava vesistö	Kaivoksen sulkemisen jälkeisessä vaiheessa suurin osa kaivosalueen vesistö kulkeutuu avolouhoksen kautta Pienen Tipasjärven suuntaan, mutta osa rikastushiekka-alueen vesistä kulkeutuu Nimisenjoen valuma-	X

	alueelle. Nimisenjoki kuuluu Sapsojoen vesistöalueeseen ja Tipasjärvet kuuluvat Tipasjoen vesistöalueeseen. Tipasjärven nykyisestä erinomaisesta vedenlaadusta, järven laajasta virkistyskäyttö- ja kalastoarvoista sekä Tipasjoen arvosta lohikalavesistönä sekä kalastusmatkailukohteena on huolehdittava sulkemisen jälkeenkin. Erinomaisiksi tai hyviksi arvioitujen vesien tilaa ei saa heikentää. Kaivoksen sulkemisessa on pyrittävä siihen, että Tipasjärven ja Sapsojoen vesistöalueiden virkistyskäyttö- ja kalastoarvot eikä vedenlaatu vaarannu. Sulkemisen jälkeen osa kaivosalueen vesistä kulkeutuu etelään kaivosalueesta Sapsojoen suuntaa. Lähin luokiteltu vesistö on Hietanen-Pieni Hietanen, jonka hyvää ekologista tilaa ei saa heikentää yhdenkään luokittelutekijän osalta. Sulkeisen jälkeen ympäristölaatumormit eivät tulisi ylittyä vesistöissä.	
Pohjavedet	Louhostoiminnan pohjavesivaikutukset liittyvät pääasiallisesti malminlouhinnan ja louhosalueiden kuivatuksen aiheuttamiin pinnankorkeuden muutoksiin sekä sivukivien läjitysalueiden aiheuttamiin laadullisiin pohjavesivaikutuksiin. Tuotannon aikana pohjavesivirtauksia kohdistuu kuitenkin ympäröivältä alueelta louhoksiin, kun taas sulkemisen jälkeen pohjaveden pinnan tason palauduttua pohjavesivirtauksia kohdistuu louhoksesta ympäristöön ja ympäröiviin vesistöihin. Rikastamoalueen osalta kaivoksen toiminta-aikana pohjaveden laatuun kohdistuvia vaikutuksia voi aiheutua lähinnä allas- ja läjitysalueilta talteenottamatta jäävän suotovesiosan muodossa. Hopeakaivos ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella	X
Suojelu-alueet ja uhanalaiset lajit	Lähin kaivosaluetta sijaitseva Natura-alue, Vuoriniemi (FI1200604 SAC), sijaitsee noin kilometrin etäisyydellä kaivosalueen rajasta koillisessa. Hiidenportin kansallispuisto (KPU110019) sijaitsee kaivospiirin eteläpuolella lähimmillään noin 800 metrin etäisyydellä kaivosalueen rajasta. Alue kuuluu	

	Hiidenportin alueiden Natura-alueeseen (FI1200625, SCI). Vuoriniemen suuntaan ei saa kohdistua merkittäviä vaikutuksia (esimerkiksi välilliset vaikutukset) sulkemisen jälkeen. Lisäksi häiriöt Vuoriniemen suuntaan tulee minimoida myös sulkemisen toimeenpanovaiheessa mahdollisuuksien mukaan.	X
Maisema	Louhos- ja rikastamoalueet eivät sijoitu valtakunnallisesti tai maakunnallisesti tärkeille maisema- tai kulttuuriympäristöalueille. Louhoksella, rikastushiekan sekä muiden läjitettävien materiaalien sijoitusalueilla on pitkäaikainen maisemallinen alueellinen vaikutus, jota tulee pienentää jälkihoitotoimenpiteillä.	
Yhteisö ja elinkeinot	Kaivosalue sijoittuu taajamatoimintojen ja tärkeimpien liikenneyhteyksien ulkopuolelle, ja sen ympäristö on pääasiassa asumatonta metsää, suoalueita ja järviä. Asutus kaivoksen lähiseudulla on hajaluonteista harvan maaseutuasutuksen aluetta. Alueen sulkemisen jälkeisen tilan ja tiestön osalta on syytä huomioida myös alueen yhteisöjen tarpeet.	(X)

10 Sulkemisen tavoitteet

Kaivoksen sulkemisen tavoitteet muodostuvat lainsäädännön määräyksistä, tunnetuista hyvistä käytännöistä, paikallisen ympäristön erityisvaatimuksista sekä tunnistetuista riskeistä ja mahdollisuuksista.

Jälkihoidon yleiset tavoitteet ovat:

- Alue saatetaan fyysisesti ja kemiallisesti mahdollisimman stabiiliin tilaan.
- Alueesta ja siellä olevista rakenteista ei aiheudu haittaa tai vaaraa ympäristölle, eläimille tai ihmisille lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä.
- Tarve suljetun alueen aktiiviseen ylläpitoon ja hoitoon pitkällä aikavälillä minimoidaan.
- Jälkihoito toteutetaan siten, että varsinainen implementointityö on tehtävissä alue- ja ympäristöturvallisuutta vaarantamatta ja hyvää työturvallisuutta noudattaen.

- Liikkuminen alueella ja sen ympäristössä on pitkällä aikavälillä mahdollisimman vähän rajoitettua.
- Alue palautetaan biologisesti monimuotoiseksi elinympäristöksi. Vaihtoehtoisesti alue ohjataan paikalliset tarpeet huomioivaan ja ympäristön kannalta kestäväan uuteen maankäyttöön.
- Alue sopeutuu maisemaan.
- Jälkihoito on kustannusten osalta realistista ja kohtuullista.

Tunnistetuista riskeistä ja mahdollisuuksista johdetut sulkemistavoitteet ovat:

- Avolouhoksen alueelle pääsyä on rajoitettu turvallisuuden kannalta riittävästi louhosjärven vedenpinnan ollessa vielä alhaalla.
- Louhosjärven veden pinnan yläpuolelle jäävät luiskat on muotoiltu siten, että alueella liikkuminen on turvallista. Poistumisreitti louhosjärveen päätyneille ihmisille tai eläimille on varmistettu. Vaihtoehtoisesti alueella liikkumista rajoitettu myös pitkällä aikavälillä.
- Louhosjärven pintaosien veden laadusta ei aiheudu haittaa ihmisille tai eläimille. Louhosjärven ja ympäristön vuorovaikutuksesta ei aiheudu haittaa ympäröivän alueen pohjavesille tai pintavesille. Maanalaisen kaivoksen louhostäyttöjen vaikutus avolouhoksen veden laatuun minimoidaan.
- Läjitysalueiden luiskaukset ja patorakenteet ovat vakaat myös pitkällä aikavälillä ja muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.
- Pyriitti läjitetään ja pyriittiallas suljetaan siten, että sekä pyriitin hapettumista että läpivirtaamaa pystytään rajoittamaan tehokkaasti sulkemisen jälkeen.
- Patojen stabiliteetti ja patoturvallisuus on riittävä pitkällä aikavälillä ja padoille on turvattu säännöllinen tarkkailu.
- Alueelle luodaan soveltuvilta osin luonnollisen kaltaisia maastonmuotoja, joiden avulla myös edistetään alueelle palaavan luonnon monimuotoisuutta.
- Alue on ainakin osittain maastomuodoiltaan, turvallisuudeltaan (fysikaalinen ja kemiallinen turvallisuus) ja tiestöltään soveltuva metsätalous- sekä ulkoilu- ja virkistyskäyttöön.
- Pieneen Tipasjärveen ja Sapsojokeen ei aiheudu kaivosalueelta sulkemisen jälkeen sellaista kuormitusta, joka vaarantaisi kalaston elinolosuhteet tai heikentäisi vesistöjen ekologista tilaa.

11 Sulkemistoimenpiteet

Sulkemistoimenpiteet on laadittu huomioiden tunnistetut riskit ja mahdollisuudet sekä asetetut tavoitteet. Tavoitteet pyritään täyttämään ja riskit minimoimaan huomioiden kaivannaisjätteen hallinnan sulkemiseen liittyvät BAT-päätelmät (EC 2018). Kun sulkemisen suunnitteluratkaisut ovat käytettävissä, esimerkiksi jätealueille on mahdollista tuottaa vedenlaatuarviot ja kuormitusarviot. Lisäksi valmiit suunnitelmat voidaan käsitellä jäännösriskien arvioinnissa. Tässä kappaleessa käsitellään toimenpideratkaisut perusteluineen. Vaikutus ja riskien arviointi käsitellään kappaleissa 13 ja 14.

11.1 Avolouhos ja maanalainen kaivos

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Kaivosturvallisuusopas (Työturvallisuuskeskus 2015).
- Suotovesien mahdollinen välillinen vaikutus alapuolisten vesistöjen (Nimisenjokeen ja Pieni Tipasjärveen) tilaan huomioidaan. Louhosvesiä tai ylitevesiä voidaan tarvittaessa käsitellä erityisesti ns. huuhtoutumisvaiheen aikana.

11.1.1 Avolouhoksen sulkemistoimenpiteet

Avolouhoksen ja maanalaisen kaivoksen keskeiset sulkemistoimenpiteet esitetään alla:

- Jyrkät seinämät loivennetaan (esimerkiksi louhinnalla) siten, että loiva rinne ulottuu muutamia metrejä myös arvioidun lopullisen vedenpinnan tason alapuolelle. Tämä varmistaa veden varaan joutuneille ihmisille tai eläimille pääsyn pois louhoksesta.
- Maanalaisesta kaivoksesta poistetaan irralliset tarvikkeet ja tarpeettomat materiaalit. Kiinteämpien rakenteiden purku on todennäköisesti epätäydellinen ja toteutetaan työturvallisuuden sallimissa rajoissa, huomioiden yleiset toimintaohjeet maanalaisissa tiloissa, esimerkiksi kaivosturvallisuusoppaan (Työturvallisuuskeskus 2015) ohjeet huomioiden.
- Maanalainen kaivos suljetaan esimerkiksi betonisululla, sulun asettamisen kannalta soveltuvana ja turvallisena ajankohtana. Tämä estää pääsyn maanalaiseen kaivokseen ja vähentää hydraulista kontaktia maanalaisen kaivoksen ja avolouhoksen välillä.
- Avolouhoksen annetaan täyttyä vedellä. Veden laatua valvotaan osana toiminnan jälkeistä valvontaa.

- Louhoksen täyttymisvaiheessa turvallisuutta hallitaan avolouhoksen aitaamisella, ulkopuolisten pääsyn estämiseksi, vähintään louhoksen täyttymiseen asti. Lisäksi alueelle pystytetään varoituskyltit.
- Kulkutie louhosalueelle säilytetään ja ylläpidetään tarkkailua varten.
- Louhosjärven mahdolliselle ylivuotovedelle toteutetaan matala oja. Louhosjärven läpivirtaama tapahtuu todennäköisesti pääosin moreenimaaperässä ja rikkonaisessa pintakalliossa, mutta ylivuotokanava toteutetaan varmuuden vuoksi.
- Louhosjärven reunojen lopullisessa muotoilussa huomioidaan näytteenoton tarpeet.

11.1.2 Louhosjärven muodostuminen ja toiminta

Louhosjärvellä on rooli alueen suotovesien kokoajana. Merkittävä osa kaivosalueen suotovesistä poistuu ympäristöön louhosjärven kautta.

Louhosjärvimallinnuksen (liite 3) mukaan louhosjärven täyttymiseen kuluu noin 10 vuotta. Louhosjärvi on täyttymisen alkuvaiheesta asti kerrostumaton, ja täyttymisen jälkeen louhosjärvestä ulosvirtaava vesi muistuttaa laadultaan lähinnä pintavettä. Louhosjärven pinnankorkeuden vaihtelu seuraa viiveellä sadannan vaihtelua ja erityisesti keväisten sulamisvesien määrän vaihtelua.

11.2 Pintamaiden läjitysalue

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), koskien vastuuta jätealueista toiminnan jälkeen ja pilaantumisen tai sen vaaran ehkäisemistä.
- Kaivannaisjätteen hallinnan BREF-asiakirja koskien jäteaineksen fysikaalista ja kemiallista stabiiliteettia.

Pintamaan läjitysalueille sijoitettua maa-ainesta hyödynnetään kaivannaisjätealueiden peittorakenteissa. Tämänhetkisen tiedon mukaan pintamaata ei jää yli. Mikäli pintamaata jäisi yli, läjitysalue tai -alueet muotoiltaisiin tasoittamalla alue ja luiskaamalla maksimikaltevuuteen 1:3 ja alue/alueet kasvitettaisiin tarvittaessa kylvämällä. Mahdollista ylijäämäpintamaata voidaan myös hyödyntää alueen luonnonmukaisessa pintamuotoilussa.

11.3 Sivukivialue

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), koskien vastuuta jätealueista toiminnan jälkeen ja pilaantumisen tai sen vaaran ehkäisemistä.
- Kaivannaisjätteen hallinnan BREF-asiakirja koskien jäteaineksen fysikaalista ja kemiallista stabiliteettia.

Sivukivialueelle ei kaivostoiminnan päättyessä jää tämänhetkisen tiedon mukaan läjitettyä ainesta, vaan kaikki sivukivi hyödynnetään maanalaisen kaivoksen täytöissä

11.4 Rikastushiekka-allas

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), koskien vastuuta jätealueista toiminnan jälkeen ja pilaantumisen tai sen vaaran ehkäisemistä.
- Kaivannaisjätteen hallinnan BREF-asiakirja koskien jäteaineksen fysikaalista ja kemiallista stabiliteettia.

Rikastushiekka-altaan keskeisiä suunnitteluperusteita ovat:

- Rikastushiekka luokitellaan ei-pysyväksi, vaarattomaksi kaivannaisjätteeksi kaivannaisjäteasetuksen (190/2013, liite 1) perusteella.
- Tavoitteena on läpivirtaaman tasaus ja happivuon pienentyminen. Valitaan siis *"store and release"* (sadannan imeytymistä tasaava ja vähentävä) peittorakenne.

Rikastushiekka-alueen peitoksi luonnosteltiin 80 cm moreenikerros, jonka kanssa veden suotautuminen rikastushiekkan läpi mallinnettiin (Hydrus 1D) käyttäen peitolle k-arvoa $3,0 \cdot 10^{-7}$ m/s (Liite 1). Peiton kosteus määritettiin myös Hydrus-mallilla ja siitä johdettiin edelleen happivuo. Peiton vaikutus läjityksen läpisuotautumiseen on vain vähäinen, mutta se estää hapen kulkeutumista läjitykseen huomattavasti. Hydrus-mallin herkkyyystarkastelun avulla voidaan kuitenkin todeta, että peittorakenteen vesipitoisuus



muuttuu vain vähän rakenteen paksuuden funktiona, jolloin happivuo peittorakenteen läpi ei merkittävästi muutu. Suurin keskimääräinen vesipitoisuus saavutettiin 80 cm paksulla moreenikerroksella.

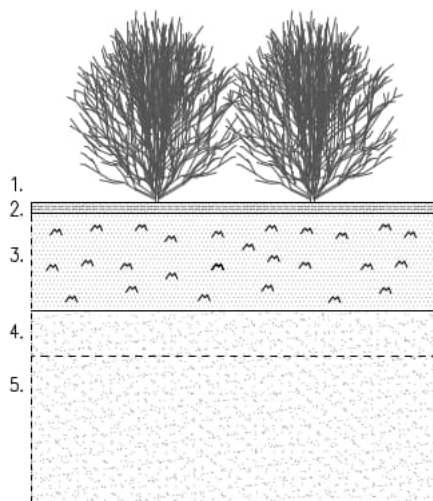
Kaavaillun peiton happivuo (hapen kulkeutuminen läjitykseen) on alle $10 \text{ mol/m}^2/\text{a}$. Koska valtaosa rikastushiekka-altaan sulkemisen jälkeisistä suotovesistä voidaan johtaa louhosjärveen, saavutetaan yksinkertaisella peittorakenteella riittävä kaasunvaihdon vähentyminen sulfidien hapettumisen kannalta.

Sulkemistoimenpiteet:

- Pinnanmuoto: ensisijaisena vaihtoehtona pidetään reunalta viettävää muotoa, mutta myös muu muotoilu voi tulla kysymykseen. Muotoilu tehdään ensisijaisesti läjityksellä (riippuu rikastushiekan kaltevuuskulmasta).
- Irtoava vesi kootaan pohjan kuivatusjärjestelmällä (tuotannon ja aktiivisen sulkemistyön aikana). Vettä kootaessa jätemateriaali tiivistyy ja sen oletetaan käyttäytyvän jokseenkin saturoituneen kaltaisesti. Kun peittorakenne on valmis, läjityksen kuivatus loppuu.
- Rikastushiekka-alueen peittorakenne on 80 cm moreenikerros, jonka k-arvo on $3,0 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$.
- Alue kasvitetaan tarvittaessa kylvämällä.

Suunniteltu peitterakenne on esitetty kuvassa 11-1.

PEITERAKENNE RIKASTUSHIEKKA-ALLAS



Rakennekerrokset	Kerros- paksuus (mm)
1. Puiden/pensaiden istutus (ei syväjuurisia)	
2. Pintakerros, orgaanista ainesta	
3. Peittomoreenikerros	800
4. Pinnan muotoilu ja tasaus rikastushiekalla	
5. Läjitetty rikastushiekka	

Kuva 11-1. Sotkamo Silverin rikastushiekka-altaan suunniteltu peiterakenne.

11.5 Pyriittiallas

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), koskien vastuuta jätealueista toiminnan jälkeen ja pilaantumisen tai sen vaaran ehkäisemistä.
- Kaivannaisjätteen hallinnan BREF-asiakirja koskien jätteen fysikaalista ja kemiallista stabiliteettia.

Pyriittialtaan keskeisiä suunnitteluperusteita ovat:

- Pyriitti on vaarallinen jäte (arseeni ja sinkki – vesieliöstölle pitkäaikaisia haittavaikutuksia aiheuttava, vaaralauseke H410). Jakeessa on läsnä mahdollisesti

sulfideihin sitoutuneita haitta-aineita, jolloin hapelle altistuminen lisää haitta-aineiden vapautumista. Erityisen korkeina pitoisuuksina jakeessa on arseenia ja sinkkiä.

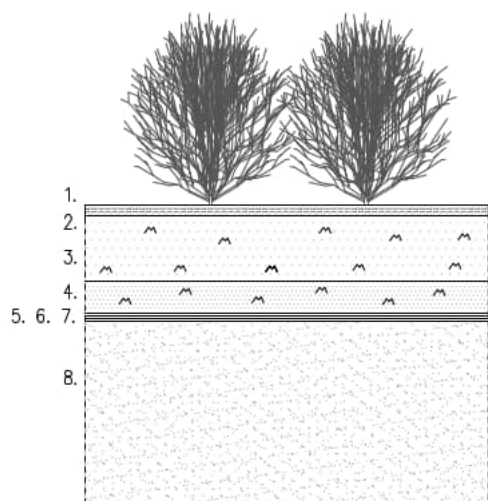
- Ensisijaisena tavoitteena on läpivirtaaman minimointi, minkä lisäksi tavoitellaan happivuon minimointia (hopen jätteeseen kulkeutumisen minimointia). Happivuon minimointi edellyttää joko peittoa, joka pystytään pitämään kosteana tai kalvomaista rakennetta.

Pyriittialtaalle käytettiin veden laatumallinnuksessa oletusparametrejä $<1\text{mm/a}$ imeytyminen, $1\text{ mol/m}^2/\text{a}$ happivuo, jotka oletetaan hyvin saavutettavissa oleviksi kuivumiselta suojatulla bentoniitilla. Profiililla (peitto, jäte, pohjarakenne) saavutetaan myös erittäin alhainen läpivirtaama. Tästä päädyttiin seuraavaan ratkaisuun:

- Pinnanmuoto rakennetaan todennäköisesti kuperaksi, mutta se voidaan toteuttaa myös toiselle sivulle kallistuvaksi, käyttäen maa- ja louhetäyttöä. Oleellista on, että pinnanmuoto mahdollistaa pintaveden poistumisen alueelta.
- Irtoava vesi kootaan pohjan kuivatusjärjestelmällä (tuotannon ja aktiivisen sulkemistyön aikana). Vettä koottaessa jätemateriaali tiivistyy ja sen oletetaan käyttäytyvän jokseenkin saturoituneen kaltaisesti. Kun peittorakenne on valmis, läjityksen kuivatus loppuu.
- Peittorakenne sisältää seuraavat kerrokset ylhäältä alas lueteltuna:
 - o puiden/pensaiden istutus (ei syväjuurisia)
 - o kasvukerros, (pintamaa) 100 mm
 - o ylempi moreenikerros 600 mm
 - o alempi moreenikerros, (seulottu moreeni) 300mm
 - o salaojamatto
 - o mineraalinen tiiviste, bentoniittimatto
 - o HDPE-kalvo
 - o muotoiltu pyriittirikaste / muu kiilauskerros kalvon asennusalustaksi

Pyriittialtaan suunniteltu peitterakenne on esitetty kuvassa 11-2.

PEITERAKENNE PYRIITTIALLAS



Rakennekerrokset	Kerros- paksuus (mm)
1. Puiden/pensaiden istutus (ei syväjuurisia)	
2. Pintakerros, orgaanista ainesta	
3. Ylempi moreenikerros	600
4. Alempi moreenikerros, (seulottu moreeni)	300
5. Salaojamatto	
6. Mineraalinen tiiviste, bentoniittimatto (4 kg/m ²)	
7. HDPE-kalvo 1,5 mm	
8. Kuivalajitetty pyriittirikaste, pinta muotoiltu toiminnan aikana	

Kuva 11-2. Sotkamo Silverin pyriittialtaan suunniteltu peiterakenne.

11.6 Teollisuusalue ja infrastruktuuri

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Kemikaaliturvallisuuslaki (390/2005), 133 §, koskien alueen puhdistamista vaarallisista kemikaaleista.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.

Teollisuusalueiden ja infrastruktuurin osalta sulkemistoimenpiteiksi kaavaillaan seuraavaa:

- Toiminnan jälkeinen maaperän laatu tarkistetaan, keskittyen niihin osiin kaivostoimintojen alueilla, joissa pilaantumiseriski on suurin. Tarvittaessa

suoritetaan maaperän kunnostustoimenpiteet ympäristöviranomaisen hyväksymällä tavalla.

- Tarpeettomat maanpäälliset rakennukset, rakenteet, putkistot, kaapelit ja tiet poistetaan.
- Mikäli alueille ei tule pintoja vaativaa jatkokäyttöä, asfaltti- ja mahdolliset betonipinnoitukset rikotaan, poistetaan ja toimitetaan mahdollisuuksien mukaan hyötykäyttöön tai loppusijoitetaan niille soveltuvaan paikkaan
- Soratierakenteet jätetään paikalleen sulkemisen jälkeisten tarkkailu- ja mahdollisten hoitotoimintojen käyttöön.
- Maaperän kunto tarkistetaan kaivosalueella. Erityistä huomiota kiinnitetään kohonneen riskin kohteisiin, esimerkiksi paikkoja, joissa käsitellään esimerkiksi rikastetta, haitta-ainepitoisia jätteitä, polttoaineita tai öljyjä. Tarvittaessa suoritetaan kunnostustoimia.
- Alueet kasvitetaan soveltuvilta osin. Vaihtelevia pinnamuotoja sovelletaan siellä missä mahdollista, biodiversiteettikehityksen tukemiseksi.
- Voimalinja puretaan, mikäli sille ei ole jatkotarvetta.

11.7 Vesien johtamiseen ja käsittelyyn liittyvät rakenteet

Huomioidut vaatimukset:

- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Vesilaki (2011/587), koskien mahdollisia vaikutuksia pohjavedenpinnan tasoon ja veden käyttöön ympäristössä.

Sulkemisen jälkeen kaikki pyriittialtaan suoto- ja valumavesistä ohjataan louhosjärveen.

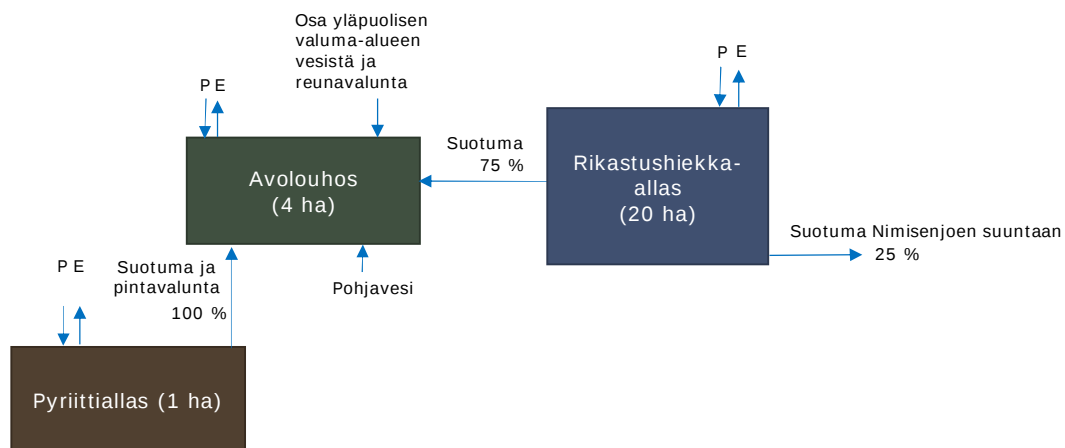
Rikastushiekka-altaan suotovesien kulkeutumis-suunta on osittain Nimisenjoen (25 %) ja osittain avolouhoksen (75 %) ja edelleen Pienen Tipasjärven suuntaan. Rikastushiekka-altaalta suotautuma on määrällisesti merkittävää, mutta kuorman odotetaan asteittain pienenevän joiltakin osin prosessiveden korvautuessa vähitellen sadevedellä (ns. "flush-off").

Louhosjärvi ei mallinnuksen (liite 3) perusteella kerrostu edes täyttymisen alkuvaiheessa.

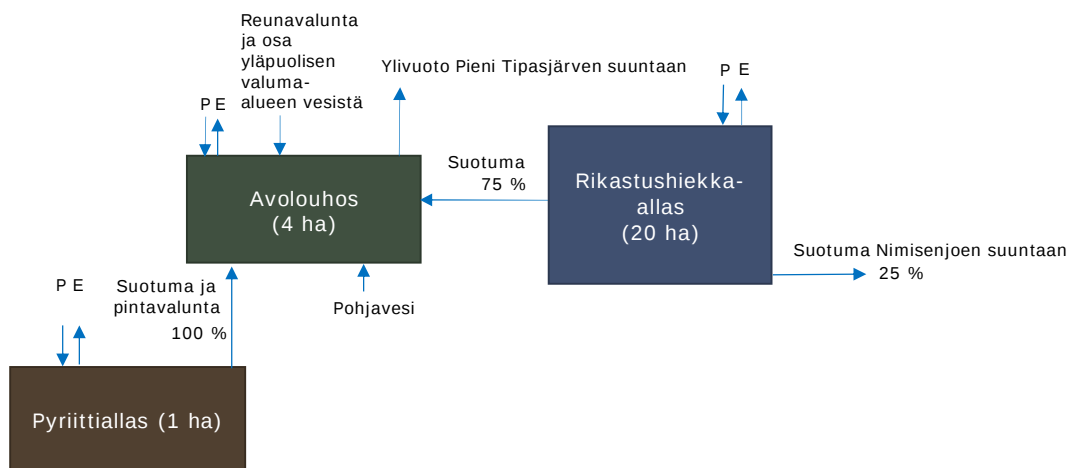
Vesistöön johdettavat louhos-, suoto- ja aluevedet eivät saa merkittävästi heikentää alueen veden luontaista laatua tai vesieliöstön tilaa.

Aktiivisen sulkemisvaiheen aikana vesiä ohjataan edelleen tarvittavilta osin vesienkäsittelyyn. Kun vesienkäsittelylle ei ole enää tarvetta vesienkäsittelyrakenteet puretaan, jotta pintavedet päätyvät hallitusti ojastoihin. Pintavalutuskentille ei johdeta vesiä aktiivisen sulkemisvaiheen jälkeen.

Sulkemisen jälkeiset vesikiertokaaviot louhoksen täyttymisvaiheessa ja täyttymisen jälkeen esitetään alla (Kuva 11-3 ja Kuva 11-4). Sulkemisen jälkeiset kuormitusarviot esitetään taulukoissa 13-1 ja 13-3.



Kuva 11-3. Sulkemisen jälkeinen vesikierto (louhoksen täyttymisvaiheessa).



Kuva 11-4. Sulkemisen jälkeinen vesikierto (louhoksen täyttymisen jälkeen). P = Precipitation, sadanta, E=Evaporation, haihdunta

12 Sulkemisaikataulu

Kaivoslain (621/2011) 143 § mukaan sulkemistyöt tulee saattaa päätökseen viimeistään kaksi vuotta tuotannon päättymisestä. Sinä aikana kaivos ja sen apualueet tulee saattaa yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon sekä kunnostaa, siistiä ja maisemoida. Kahden vuoden rajaa ei voi kuitenkaan ulottaa rikastamon altaisiin, joiden peittäminen edellyttää kuivattamista tiettyyn tasoon ennen asennustöitä. Sulkemisaikataulun luonnos esitetään alla.

Vuodet 1–3 toiminnan päättymisestä

- Infrastruktuurin purkaminen soveltuvilta osin
- Maanalaisen kaivoksen sulkeminen, avolouhoksen luiskaus ja aitaus
- Rikastushiekka-altaan kuivatus peittorakenteiden asentamista varten
- Pyriittialtaan peittäminen

Vuodet 3–5 toiminnan päättymisestä

- Rikastushiekka-altaan peittäminen
- Jäljellä olevan infrastruktuurin purkaminen

Vuodet 5–7 toiminnan päättymisestä

- Vesienkäsittelyrakenteiden ja sähkölinjan purkaminen tarvittaessa

13 Sulkemisen aikaiset ja jälkeiset vaikutukset ympäristöön ja ihmisiin

13.1 Vaikutukset ilmanlaatuun

Sulkemisvaiheessa rakenteiden purkaminen, materiaalien lastaus ja purkaminen sekä sivukivi- ja rikastushiekka-alueiden peittäminen aiheuttavat jonkin verran pölyä. Pölyn leviäminen rajoittunee kuitenkin kaivosalueelle ja sen välittömään läheisyyteen. Sääolosuhteet vaikuttavat pölyn leviämiseen. Sulkemistöiden päätyttyä alueen pintamaa/kasvukerrokset voivat kuivissa ja tuulisissa olosuhteissa pölytä ennen kuin kasvillisuuskehitys pääsee alkuun. Kun kasvipeite on muodostunut, alueen pölypäästöt vähenevät ja ilmanlaatu palautuu kaivostoimintoja edeltävälle tasolle.

Sulkemisvaiheessa ei tehdä räjäytyksiä tai ne ovat vain pieniä, louhosten seinämien loiventamiseksi tehtäviä. Jälkihoidon aikana pakokaasu- ja kasvihuonekaasupäästöjä muodostuu lähinnä jätealueiden luiskaus- ja peittämistöistä ja rikastamoalueen purkutöihin liittyvästä konetyöstä (olettaen, ettei rakennuksille ja rakenteille ole uutta käyttötarkoitusta). Sulkemisvaiheen loputtua pakokaasu- ja kasvihuonekaasupäästöt

loppuvat, pois lukien normaalit maaperän päästöt. Pitkällä aikavälillä kasvitetuilla alueilla alkaa tapahtua myös hiilen sidontaa.

13.2 Kuvaus maaperään, pintaveteen ja pohjaveteen suuntautuvasta kuormituksesta

Kaivostoiminnan vesipäästöjen laatu sulkemisen jälkeen riippuu mm. louhitusta malmityypistä ja geologista ympäristöstä sivukivineen, kaivokseen tulevien pohjavesien laaduista, käytetyistä räjähteistä ja kemikaaleista sekä vesienkäsittelymenetelmistä.

Sulkemisen jälkeen kuormitus muodostuu

- tuotantovaiheessa muodostuneesta varastokuormasta (esimerkiksi jätealueille tuotantovaiheessa varastoituneet mineraalien rapautumistuotteet, jäljellä oleva prosessivesi) sekä
- jätealueilla edelleen tapahtuvasta rapautumisesta ja reaktioista

Sotkamo Silverin hopeakaivoksen alueella kuormitus kohdistuu pääsääntöisesti lähialueen maaperään, pohjavesiin sekä pintavesiin Pieni Tipasjärven ja Nimisenjoen valuma-alueiden suuntiin (Kuva 7-4).

Louhosjärvi kommunikoi ympäristönsä kanssa todennäköisesti pääasiassa pohjavesiteitse (moreeni ja rikkonainen yläkallio), mutta osa vedestä voi ylivuotaa rakennettavaa ojaa pitkin louhosjärven pinnalta. Louhosjärven veden laatu muodostuu suhteellisen hyväksi, hieman suomalaisia luonnon sisävesiä suolaisemmaksi. Merkittävin kuormitustekijä on sulfaatti.

Rikastushiekka-altaan huomionarvoisin kuormitustekijä on sulfaatti ja alkuvaiheessa typpi. Lisäksi keskeisiä kuormittajia ovat kadmium, koboltti, kupari, kromi, nikkeli ja antimoni. Huomioiden muiden läjitysten erityistyyti rakenteet, kooltaankin suurimman yksikön eli rikastushiekka-altaan kuormitus on avainasemassa. Pyriittialtaalla tiiviit pinta- ja pohjarakenteet rajoittavat vuorovaikutusta ympäristön kanssa tehokkaasti. Rikastushiekka-altaan sulkemisen jälkeiseksi suotoveden sulfaattipitoisuudeksi pitkällä aikavälillä on arvioitu 430 mg/l, metallipitoisuuksiksi arvioitiin seuraavat: kadmium 11 µg/l, koboltti 14 µg/l, kupari 30 µg/l, kromi 84 g/l, nikkeli 28 µg/l ja antimoni 99 µg/l.

Sulkemisen jälkeisen vesilaatuarviot esitetään liitteessä 2 ja kuormitukset taulukoissa 13-1 ja 13-3.

13.3 Vaikutukset maaperään ja pohjaveteen

Alueen rakentamisen yhteydessä alueelta poistetaan pintamaakerroksia ja ne varastoidaan niille osoitetuille paikoilleen. Toiminnan aikana maa- ja kiviainekset hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan alueen maanrakennustoissa, mm. patojen rakentamisessa ja teiden pohjarakenteissa. Sulkemisen yhteydessä varastoidut maa-ainekset hyödynnetään

muun muassa alueen maisemoinnissa. Alueelta tutkittujen maaperänäytteiden perusteella pintamaat eivät muodosta happoa, eivätkä ne sisällä myöskään haitallisia määriä metalleja. Alueen pintamaiden varastoinnista ja niiden käytöstä maa-rakentamisessa ei katsota aiheutuvan haitallisia vaikutuksia ympäristöön.

Sulkemisen jälkeisestä kuormituksesta on tuotettu sulkemisen jälkeinen kaivosalueen kokonaiskuormitusarvio, mutta toistaiseksi ei ole eroteltu kuormituksen jakaantumista maaperään ja pohjaveteen. Kohteesta ei siis ole käytettävissä esimerkiksi haitta-aineiden kulkeutumismallia. Kuormitus laimenee pohjavesiympäristössä ja osa kulkeutuu edelleen syväpohjaveteen, missä sitä saostuu osittain suhteellisen pysyviin esiintymismuotoihin, mutta kuormitusta pidättyy myös suojarakenteisiin sekä maaperään (pidättymistapa vaihtelee maaperän ja kulkeutumisenopeuden mukaan).

Rikastushiekka-allasalue ja louhosjärvi ovat keskeisessä roolissa pohjavesivaikutusten osalta, sillä näillä osakohteilla on suurin potentiaali kommunikoida ympäristön kanssa. Yksittäinen merkityksellinen kuormittaja on rikastushiekka-allas, mistä suotautuvat vedet kulkeutuvat pääosin (75%) pohjoiseen louhosjärven kautta kohti Pieni Tipasjärveä. Osa rikastushiekka-alueen suotovesistä (25%) kulkeutuu myös Nimisenjokea kohti. Suotovesien vaikutus maaperään ja pohjaveteen jäänee suhteellisen vähäiseksi tai paikalliseksi.

Pyriittialtaan päälle rakennetaan tiivis eristerakenne, joten suotovesien määrä minimoidaan varsin tehokkaasti eikä suotovesien arvioida leviävän ympäristöön merkittävinä määrinä. Pyriittialtaasta sulkemisen jälkeen suotautuvat vedet ohjataan louhosjärveen. Pyriittialtaan luontainen pohjavesien virtaussuunta on pohjoiseen kohti Pieni Tipasjärveä.

Hankkeen vaikutuksia lähiympäristön pohjavesiin seurataan pohjavesiputkista otettavien näytteiden avulla.

13.4 Vesistövaikutukset

13.4.1 Vedenlaadun tavoitteet

Kaivoksen sulkemisen jälkeisenä vesistöihin kohdistuvana tavoitteena on vedenlaadun heikentymisen estyminen. Sulkemistoimenpiteiden tavoitteeksi on asetettu, että alapuolisten vesistöjen ekologinen tila säilyy samana kuin ennen toiminnan aloittamista ja että niiden kemiallinen tila ei merkittävästi muutu. Alapuolisissa vesistöissä aineiden pitoisuudet pyritään pitämään tasolla, jossa vesipuitedirektiivissä (2000/60/EY) säädetyt ympäristölaatu-normit eivät ylitä. Niiden aineiden kohdalla, joita ei ole mainittu vesipuitedirektiivissä, sovelletaan muita kansainvälisiä vedenlaatukriteereitä.

13.4.2 Vesistöjen herkkyys

Kaivoksen eteläpuolella sijaitsevat purot ovat valuma-alueilla tapahtuvan voimakkaan metsätaloustoimenpiteiden alaisia. Koivupuron valuma-alueesta ojitetun turvemaan osuus on lähes 50 % ja puuston keski-ikä valuma-alueella on 50-60 vuoden välillä. Heikkisenpuron valuma-alueeseen kuuluu osa Hiidenportin kansallispuistosta, jossa suot ovat luonnontilaisia. Heikkisenpuron tilaa heikentää kuitenkin selvästi uoman rantavyöhykkeen ojitus, joka on yli 70 %. Puuston keski-ikä rantavyöhykkeellä on nuorta (ka 65v). Hakkuiden ja metsäojitusten seurauksena purojen luontainen ekologia on todennäköisesti heikentynyt. Puroissa ei ole havaittu herkkiä kalalajeja tai muita herkkiä/uhanalaisia lajeja. Purojen luonnontilaisuuden muuttuneisuuden perusteella arvioituna purot eivät ole erityisen herkkiä. Tipasjärven suunta on enemmän herkkä vedenlaadun muutoksille. Pieni Tipasjärvi ja sen alapuolinen vesistö on luokiteltu hyvään ekologiseen tilaan, vaikkakin Tipasjärvien ja Tipasjoen valuma-alueet ovat laajasti ojitettuja.

Rikastushiekka-altaasta Nimisenjoen suuntaan kulkeutuu arviolta 25 % suotovesistä ja Pieni Tipasjärven suuntaan noin 75 % vesistä. Nimisenjoen suuntaan menevästä kuormituksesta 20 % on arvioitu kulkevan Heikkisenpuron kautta ja 80 % Koivupuron kautta.

13.4.3 Alustava kuvaus vesistövaikutuksista

13.4.3.1 Koivupuro ja sen alapuoliset vesistöt

Sulkemisen jälkeen kaivokselta vesistöihin päätyvä kuormitus pienenee kaivoksen toiminnan aikaisista kuormituksista. Sulkemisen jälkeen suurin kuormitus tulee suoloista, kuten natriumista, kaliumista, kalsiumista, magnesiumista, kloridista ja sulfaatista (Taulukko 13-1). Myös typen kuormitus sulkemisen jälkeen on koholla. Laskennallisesti suurimmat pitoisuusnousut nähdään lähellä kaivosta olevassa Koivupurossa alivirtaamatilanteessa. Alivirtaamatilanteessa kuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voi vaikuttaa lievästi Koivupuron vesieliöstöön mm. suolaisuuden ja typpipitoisuuden nousun seurauksena. Myös Heikkisenpurossa suolojen ja ravinteiden määrä kohoaa lievästi alivirtaamatilanteessa. Huomattavaa on että alivirtaamatilanteet ovat lyhytaikaisia ja normaalivirtausolosuhteissa kuormitus ei aiheuta merkittäviä pitoisuusnousuja Koivupurossa tai Heikkisenpurossa. Normaalissa virtaamatilanteessa pitoisuusnousut ovatkin vähäisiä ja menevät luontaisen taustavaihtelun rajoihin. Sulkemistoimenpiteiden jälkeen vedenlaatu Koivupurossa paraneekin selvästi verrattuna nykyiseen toimintavaiheen tilanteeseen, jossa kaivoksen jätevedet puretaan Koivupuroon. Pitoisuudet laimenevat nopeasti Koivupuron alapuolisissa vesistöissä, eikä kuormitus nosta pitoisuuksia merkittävästi.

Sulkemisen jälkeisillä kuormituksilla ei arvioida olevan vaikutusta alapuolisten vesistöjen ekologiseen tilaan yhdenkään luokittelutekijän osalta. Alivirtaamatilanteessa pitoisuudet

saattavat vaikuttaa heikentävästi Koivupuron piilevästön tilaa. Sulkemisen jälkeiset kuormitukset eivät kuitenkaan vaaranna pohjaeläimistön, piilevästön tai kalaston mahdollisuutta hyvään tai erinomaiseen ekologiseen tilaan luokitelluissa vesistöissä. Kuormitukset eivät myöskään haittaa mahdollista kalastusta tai muuta virkistyskäyttöä alapuolisissa vesistöissä.

Taulukko 13-1. Sulkemisen jälkeinen kuormitus (kg/a) Nimisenjoen suuntaan. Taulukossa on myös esitetty kaivosalueelta tuleva laskennallinen pitoisuuslisä Nimisenjoen ja Pirttijoen uomissa keskivirtaama- (MQ), keskialivirtaama- (MNQ) ja keskiylivirtaamatilanteessa (MHQ).

Parametri	Kuormitus kg/a	yksikkö	Pitoisuuslisä Nimisenjoki			Pitoisuuslisä Pirttijoki		
			MQ	MNQ	MHQ	MQ	MNQ	MHQ
Ag	0,49	µg/l	0,01	0,05	<0,01	0,02	0,06	<0,01
Al	1,68	µg/l	0,05	0,18	0,01	0,06	0,21	0,01
As	0,04	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
B	1,19	µg/l	0,04	0,13	<0,01	0,04	0,15	<0,01
Ba	0,16	µg/l	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Be	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bi	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ca	8 458	mg/l	0,25	0,92	0,06	0,29	1,05	0,07
Cd	0,16	µg/l	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Cl	249	mg/l	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Co	0,21	µg/l	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Cr	1,25	µg/l	0,04	0,14	<0,01	0,04	0,16	<0,01
Cu	0,45	µg/l	0,01	0,05	<0,01	0,02	0,06	<0,01
F	1,43	µg/l	0,04	0,16	<0,01	0,05	0,18	0,01
Fe	40	µg/l	1,18	4,33	0,27	1,35	4,95	0,31
Hg	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
K	257	mg/l	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Li	0,07	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mg	1 195	mg/l	0,04	0,13	<0,01	0,04	0,15	<0,01
Mn	772	mg/l	0,02	0,08	<0,01	0,03	0,10	<0,01
Mo	0,62	µg/l	0,02	0,07	<0,01	0,02	0,08	<0,01
Na	2 223	mg/l	0,07	0,24	0,02	0,08	0,28	0,02
NH4	16	µg/l	0,48	1,78	0,11	0,55	2,04	0,13
Ni	0,42	µg/l	0,01	0,05	<0,01	0,01	0,05	<0,01
NO2-N ja NO3-N	64	µg/l	1,89	6,95	0,43	2,17	7,96	0,50
Kok-N	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
P	44	µg/l	1,30	4,77	0,30	1,48	5,45	0,34
Pb	0,05	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
S	2 385	mg/l	0,07	0,26	0,02	0,08	0,30	0,02
Sb	1,47	µg/l	0,04	0,16	0,01	0,05	0,18	0,01
Se	0,25	µg/l	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Si	81	µg/l	2,41	8,84	0,55	2,75	10,11	0,63
Sn	0,02	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
SO4	6 419	mg/l	0,19	0,70	0,04	0,22	0,80	0,05
Sr	6,53	µg/l	0,19	0,71	0,04	0,22	0,81	0,05
Ti	0,04	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tl	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
U	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
V	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
W	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn	2,30	µg/l	0,07	0,25	0,02	0,08	0,29	0,02

Taulukko 13-2. Sulkemisen jälkeinen kuormitus (kg / a) Nimisenjoen suuntaan. Taulukossa on myös esitetty kaivosalueelta tuleva laskennallinen pitoisuuslisä Koivupurossa ja Heikkisenpurossa keskivirtaama- (MQ), keskialivirtaama- (MNQ) ja keskiylivirtaamatilanteessa (MHQ).

Parametri	Kuormitus kg/a	yksikkö	Pitoisuuslisä Koivupuro			Pitoisuuslisä Heikkisenpuro		
			MQ	MNQ	MHQ	MQ	MNQ	MHQ
Ag	0,49	µg/l	0,22	0,80	0,05	0,05	0,20	0,01
Al	1,68	µg/l	0,75	2,74	0,17	0,19	0,69	0,04
As	0,04	µg/l	0,02	0,07	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
B	1,19	µg/l	0,53	1,94	0,12	0,13	0,49	0,03
Ba	0,16	µg/l	0,07	0,26	0,02	0,02	0,07	<0,01
Be	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bi	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ca	8 458	mg/l	3,75	13,77	0,86	0,95	3,47	0,22
Cd	0,16	µg/l	0,07	0,26	0,02	0,02	0,07	<0,01
Cl	249	mg/l	0,11	0,40	0,03	0,03	0,10	<0,01
Co	0,21	µg/l	0,09	0,35	0,02	0,02	0,09	<0,01
Cr	1,25	µg/l	0,55	2,03	0,13	0,14	0,51	0,03
Cu	0,45	µg/l	0,20	0,73	0,05	0,05	0,18	0,01
F	1,43	µg/l	0,63	2,33	0,15	0,16	0,59	0,04
Fe	40	µg/l	17,63	64,70	4,04	4,44	16,31	1,02
Hg	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
K	257	mg/l	0,11	0,42	0,03	0,03	0,11	<0,01
Li	0,07	µg/l	0,03	0,11	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Mg	1 195	mg/l	0,53	1,94	0,12	0,13	0,49	0,03
Mn	772	mg/l	0,34	1,26	0,08	0,09	0,32	0,02
Mo	0,62	µg/l	0,28	1,02	0,06	0,07	0,26	0,02
Na	2 223	mg/l	0,99	3,62	0,23	0,25	0,91	0,06
NH4	16	µg/l	7,24	26,59	1,66	1,83	6,70	0,42
Ni	0,42	µg/l	0,18	0,68	0,04	0,05	0,17	0,01
NO2-N ja NO3-N	64	µg/l	28,31	103,92	6,49	7,14	26,19	1,64
Kok-N	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
P	44	µg/l	19,40	71,21	4,45	4,89	17,95	1,12
Pb	0,05	µg/l	0,02	0,07	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
S	2 385	mg/l	1,06	3,88	0,24	0,27	0,98	0,06
Sb	1,47	µg/l	0,65	2,40	0,15	0,16	0,60	0,04
Se	0,25	µg/l	0,11	0,40	0,03	0,03	0,10	<0,01
Si	81	µg/l	35,98	132,08	8,25	9,07	33,29	2,08
Sn	0,02	µg/l	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
SO4	6 419	mg/l	2,85	10,45	0,65	0,72	2,63	0,16
Sr	6,53	µg/l	2,90	10,63	0,66	0,73	2,68	0,17
Ti	0,04	µg/l	0,02	0,06	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Tl	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
U	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
V	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
W	<0,01	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn	2,30	µg/l	1,02	3,74	0,23	0,26	0,94	0,06

13.4.3.2 Pieni Tipasjärvi -suunta

Myös Pienen Tipasjärven suuntaan menevä kuormitus on pientä sulkemistoimenpiteiden jälkeen (Taulukko 13-3). Kuormitteet laimenevat nopeasti Pienessä Tipasjärvessä eivätkä näin ollen vaikuta merkittävästi Pienen Tipasjärven tai sen alapuolisten vesistöjen vedenlaatuun. Suurimmat kuormitteet tulevat suoloista. Karkeasti arvioituna, Tipasjärven luusuan virtaamaa ja keskimääräistä vuosikuormitusta hyväksi käyttäen, suolaisuus

kohoa laskennallisesti 0,0003 – 0,0013 mg/l sulfaatin osalta Tipasjärven luusuassa. Muiden aineiden pitoisuusnousu on laskennallisesti pienempää. Tipasjärven veden todellisiin pitoisuuksiin vaikuttaa se kuinka kaivosalueelta tuleva vesi sekoittuu Tipasjärvessä. Sulkemisen jälkeisillä kuormituksilla ei arvioida olevan vaikutusta vesistöjen ekologiseen tilaan yhdenkään luokittelutekijän osalta. Sulkemisen jälkeiset kuormitukset eivät vaaranna pohjaeläimistön, piilevästön tai kalaston mahdollisuutta hyvään tai erinomaiseen ekologiseen tilaan. Kuormitusten ei arvioida haittaavan kalastusta tai muuta virkistyskäyttöä Pienessä Tipasjärvessä tai sen alapuolisissa vesistöissä.

Taulukko 13-3. Sulkemisen jälkeinen kuormitus Pieneen Tipasjärveen. Taulukossa on myös esitetty kaivosalueelta tuleva laskennallinen pitoisuuslisä Tipasjärven luusuassa keskivirtaama (MQ) ja keskialivirtaama- (MNQ) tilanteessa.

Parametri	Kuormitus kg/a	yksikkö	Tipasjärvi Luusua	
			MQ	MNQ
Ag	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Al	0,00	µg/l	<0,001	<0,001
As	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
B	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Ba	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Be	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Bi	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Ca	1	mg/l	<0,001	<0,001
Cd	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Cl	0	mg/l	<0,001	<0,001
Co	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Cr	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Cu	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
F	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Fe	0	µg/l	<0,001	0,001
Hg	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
K	0	mg/l	<0,001	<0,001
Li	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Mg	0	mg/l	<0,001	<0,001
Mn	0	mg/l	<0,001	<0,001
Mo	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Na	0	mg/l	<0,001	<0,001
NH ₄	0	µg/l	<0,001	<0,001
Ni	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
NO ₂ -N ja NO ₃ -N	0	µg/l	0,001	0,007
Kok-N	0,0122	µg/l	<0,001	0,002
P	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Pb	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
S	0	mg/l	<0,001	<0,001
Sb	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Se	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Si	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Sn	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
SO ₄	8	mg/l	<0,001	0,001
Sr	0,00	µg/l	<0,001	<0,001
Ti	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
Tl	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
U	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
V	<0,001	µg/l	<0,001	<0,001
W	0,0020	µg/l	<0,001	<0,001
Zn	0,01	µg/l	<0,001	<0,001

13.5 Vaikutukset kasvillisuuteen, eläimistöön ja suojelualueisiin

Pohjavedenkorkeus alenee kaivostoiminnan seurauksena, jolloin lähiympäristö voi kuivua. Kaivos ei kuitenkaan sijoitu luokitellulle pohjavesialueella, eikä kuivumisen arvioida ulottuvan niin etäälle, että siitä koituisi haitallisia vaikutuksia lähellä sijoittuvien luonnonsuojelu ja suojeluohjelmakohteiden suojeluperusteisiin. Kuivatuksen vaikutus kasvillisuuteen loppuu vähitellen sulkemisen jälkeen. Tällöin palautuu joiltakin osin edellytyksiä toimintaa edeltävälle kasvillisuudelle. Myös vaikutukset (mm. melu ja pöly) linnustoon ja eläimistöön vähenevät asteittain aktiivisen sulkemisvaiheen päätyttyä.

Sulkemisen jälkeen maaston muotoilulla voidaan luoda vaihtelevia ja monipuolisia elinympäristöjä alueen biodiversiteetin lisäämiseksi, huomioiden erityisesti lähialueen lajistot. Hankkeen suunnittelun edetessä voidaan arvioida lajikohtaisten elinympäristöjen luomista tarpeen mukaan.

Natura-alueeseen kohdistuvat vaikutukset aiheutuvat toiminnan seurauksena syntyvästä pölystä tai pinta- tai pohjaveden päästöistä tai muista ilmastopäästöistä. Pöly- ja ilmapäästöt poistuvat aktiivisen sulkemisvaiheen päätyttyä. Aktiivisen sulkemisvaiheen aikana alueella tehdään vielä konetyötä ja räjäytyksetkin ovat mahdollisia esimerkiksi louhosseinämien loiventamisessa. Meluhaitat poistuvat vasta aktiivisen sulkemisvaiheen päätyttyä.

13.6 Vaikutukset maisemaan

Kaivospiirin alue sijoittuu maisemallisessa maakuntajaossa Kainuun ja Kuusamon vaaramaalle ja Kainuun vaaraseudulle. Seudulle on tyypillistä paikoin jylhät vaaramaisemat ja luoteesta kaakkoon suuntautuvat pinnanmuodot. Suurten järvien ja reittivesistöjen lisäksi seudulla on runsaasti pienempiä järviä ja jokivesiä. Kaivospiirin alueella tai sen läheisyydessä ei sijaitse valtakunnallisesti tai maakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita, kulttuuriympäristöjä tai muita kohteita. (Ramboll Finland Oy 2018)

Vaikutuksia maisemaan ja kulttuuriympäristöön sulkemisvaiheessa voi aiheutua lähinnä avolouhoksesta ja rikastushiekan läjitysalueesta. Käytännössä rakenteet eivät ole nähtävissä kaivosalueen ja sen välittömän lähiympäristön ulkopuolelle. Vain murskatun malmin varastorakennus näkyy Tipasjärvelle. Kansallispuistoon ei näy kaivoksen rakenteita. Pääasiassa kaivosalueen maisemalliset vaikutukset kohdistuvat toimintavaiheessa siis kaivosalueen sisäiseen maisemaan. Kaivoksen maisemavaikutukset vähenevät sulkemisen myötä, sitä mukaa kun alueita kasvittuu ja rakennuksia puretaan.

Sulkemisella ei ole vaikutuksia kaivospiirin itälaidalla oleviin muinaisjäännöksiin. Muinaisjäännösten paikat ovat tiedossa ja niiden sijainti huomioidaan kun sulkemistöitä tehdään.

13.7 Melu- ja värinävaikutukset

Sulkemisvaiheen melu- ja värinävaikutukset aiheutuvat liikenteestä ja ne rajautuvat teiden läheisyyteen. Melu- ja värinävaikutukset vähenevät asteittain sulkemisvaiheessa ja päättyvät täysin siinä vaiheessa, kun sulkemistyöt on saatu päätökseen. Melun ja värinän osalta alue palautuu sulkemisen jälkeen ennen kaivostoimintaa vallinneeseen tilaan eikä toiminnasta jää pysyviä vaikutuksia tai vahinkoja.

13.8 Liikennevaikutukset

Kaivosalueen pohjoispuolella sijaitsee tie 9005 (Kissaniementie), joka yhdistää Sotkamo–Kuhmo-valtatien 76 ja Valtimo–Kuhmo-maantien 5384. Kissaniementieltä on liittymä kaivosalueelle. Kaivosalueella on kaivoksen sisäistä liikennettä varten huoltoon ja ylläpitoon käytettävää tiestöä.

Toiminnan päättyttyä kaivosliikenne, raskaiden ajoneuvojen kuljetukset sekä työntekijöiden työmatkaliikenne päättyvät, joten liikenteestä johtuvia vaikutuksia ei arvioida syntyvän enää kaivostoiminnan päättymisen jälkeen. Parannukset hankealueelle johtavilla teillä ja silloilla palvelevat tienkäyttäjiä kaivoksen sulkemisen jälkeenkin.

13.9 Vaikutukset ihmisiin ja yhteiskuntaan

Ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen liittyvät vaikutukset eivät ole mitattavia, vaan laadullisia ja sidottuja yksilöön, aikaan ja paikkaan. Elinoloihin ja viihtyvyyteen kohdistuvat vaikutukset voivat olla suoria (esim. marjastuspaikan häviäminen) tai välillisiä (esim. pölyn aiheuttama haitta marjastukselle).

Kaivosalue sijoittuu taajamatoimintojen ja tärkeimpien liikenneyhteyksien ulkopuolelle, ja sen ympäristö on pääasiassa asumatonta metsää, suoalueita ja järviä. Asutus kaivoksen lähiseudulla on hajaluonteista harvan maaseutuasutuksen aluetta.

Luonnonvarojen hyödyntäminen kaivoksen ympäristössä keskittyy nykyisin pääasiassa vesistöjen sekä niiden kalaston hyödyntämiseen. Marjastus ja sienestys kaivosalueen ympäristössä on verrattain vähäistä. (Ramboll Finland Oy 2018) Louhoksen- ja rikastamon alueet ovat olleet alun perin metsätalousaluetta. Kaivoksen sulkemisen jälkeen rikastamon alue palautuu hitaasti takaisin metsätalousalueiksi ellei tuotantolaitoksen alue siirry muuhun teolliseen käyttöön.

14 Jäännösriskien arviointi hallintatoimenpiteiden valinnan jälkeen

Sulkemisen jälkeiseen tilaan tunnistettiin liittyvän seuraavat riskit:

- Oletettua suurempi suotoveden määrä ja haitta-aineiden kulkeutuminen rikastushiekka-altaalta ja pyriittialtaalta, suotovesiä ei saada ohjattua

- louhosjärveen suunnitellusti. Sulkemisen jälkeinen vaikutus maaperään ja pohjaveteen sekä lähialueen vesistöihin on arvioitua suurempi.
- o Hallinta: varovaisuusperiaatteen noudattaminen suunnittelussa ja arvioinnissa, rakentamisen ja sulkemisen aikainen valvonta, tarkkailu, valunta louhosjärven kautta.
 - Maanalaisen kaivoksen vedenlaatu heikentää avolouhokseen muodostuvan louhosjärven vedenlaatua: seurauksena on ennakoitua suurempi haitta-aineiden kulkeutuminen vesistöön ja pohjaveteen.
 - o Hallinta: maanalaisen kaivoksen suhteellisen tiivis sulku vähentämään maanalaisen kaivoksen ja avolouhoksen kontaktia.
 - Peiton eroosio ja/tai vaurioituminen jätealueilla: Läpivirtaama lisääntyy suhteessa arvioituun tai läpivirtaaman vaihtelu läjityksessä lisääntyy. Tällöin myös haitta-aineiden mobilisoituminen voi lisääntyä. Sulfidisessa materiaalissa myös sulfidien hapettuminen voi lisääntyä peittovaurion myötä.
 - o Hallinta: varovaisuusperiaate suunnittelussa ja arvioinnissa, rakenteen eheyden tarkkailu alkuvuosina sulkemisen jälkeen.
 - Padon ja rikastushiekan sortuminen: vesi- ja rikastushiekkapäästö ympäristöön. Seurauksena voi olla maaperän, pohjaveden ja pintaveden pilaantuminen. Veden määrä rikastushiekka-altaalla vähenee sulkemisen myötä, joten leviäminen ympäristöön olisi tuotantovaihetta lievempää.
 - o Hallinta: toimenpiteet rakentamis- ja tuotantovaiheessa: patoturvallisuuden mukaiset tarkastukset, suunnittelun ja rakentamisen laadunvalvonta ja dokumentointi sekä valvonta.
 - Pilaantuneen maa-aineksen jääminen rikastamoalueelle sulkemisen jälkeen: sulkemisen jälkeinen vaikutus maaperään ja pohjaveteen sekä lähialueen vesistöihin voi muodostua arvioitua suuremmaksi.
 - o Hallinta: tuotannon aikaiset käytännöt öljy- ja polttoainevuotojen osalta sekä esim. rikasteen käsittelyn osalta. Sulkemisvaiheessa tehtävä alueiden tarkastaminen, erityishuomio alueille, joilla on käsitelty haitta-ainepitoisia materiaaleja.

15 Arvio BAT-päätelmien huomioimisesta

Vuonna 2018 on julkaistu kaivannaisjätteen hallinnasta päivitetty BREF-asiakirja, jossa huomioitiin voimassa oleva kaivannaisjättedirektiivi.

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

- antaa kaivannaisteollisuudelle, viranomaisille ja muille asiaankuuluville osapuolille ajantasaisia tietoja kaivannaisjätteen hallinnasta sekä

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

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

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

BAT-päätelmien soveltaminen Sotkamo Silverin kaivoksella sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa on esitetty liitteessä 4.

16 Tarkkailu

16.1 Sulkemistyön aikainen tarkkailu

Sulkemistyön aikaisen tarkkailun erityispiirre on ns. sulkemistoiminnan tarkkailu. Tämä on välttämätöntä, koska sulkemistyön aikana toiminnan laatu ja menetelmät muuttuvat jatkuvasti, eikä tilanne pysy ympäristön kannalta samankaltaisena pitkään. Toiminnan tarkkailu suoritetaan päiväkirjamuotoisena. Toiminnan tarkkailussa listataan kulloinkin menossa olleet työvaiheet ja mahdolliset poikkeustilanteet (ja kuinka poikkeustilanteisiin on reagoitu). Lisäksi toiminnan tarkkailuun sisällytetään silmämääräistä havainnointia vedestä ja pölystä.

Tuotannon aikainen päästötarkkailu pidetään sulkemistyön aikana soveltuvilta osin voimassa. Jälkihoitotyön aikana myös yksinkertaiset online-mittaukset (erityisesti sähkönjohtokyky) purkuvedessä auttavat reagoimaan riittävän nopeasti muuttuvien tilanteiden mahdollisesti aiheuttamiin haittoihin.

Vesistö- ja pohjavesitarkkailu suoritetaan siten, että ne muodostavat vertailukelpoisen jatkumon toiminnan aikaiselle tarkkailulle. Keskeiset vesistö- ja pohjavesitarkkailupisteet valitaan tuotannon aikana tarkkailtavien pisteiden joukosta.

Siirtymävaiheessa sulkemistyön jälkeen tehdään myös silmämääräisiä havaintokierroksia alueella. Kierrosten tehtävänä on varmistaa, ettei toimenpiteitä vaativia sortumia tai eroosiovahinkoja jää korjaamatta. Lisäksi aitausten ja varoituskylttien kunto tarkistetaan. Havaintokierrosväli harvennetaan ensimmäisten vuosien jälkeen.

16.2 Sulkemisen jälkeinen tarkkailu

Sulkemisen jälkeinen tarkkailu sisältää elementtejä tuotannon aikaisesta ja jälkihoitovaiheen tarkkailusta. Päästöjen, vesistön ja pohjavesien tarkkailu suoritetaan siten, että ne muodostavat vertailukelpoisen jatkumon toiminnan aikaiselle tarkkailulle. Keskeiset vesistö- ja pohjavesitarkkailupisteet valitaan siis tässäkin yhteydessä tuotannon aikana tarkkailtavien pisteiden joukosta. Tarkkailuväli on kuitenkin toiminnan aikaista tarkkailua harvempi.

Keskeisenä osana sulkemisen jälkeistä tarkkailua on louhosjärven tarkkailu. Tähän sisältyy myös määräaikainen koko syvyysprofiilin näytteenotto, joka suoritetaan joko kesällä veneestä tai keskitalvella jäältä, välttämällä kuitenkin esimerkiksi keväistä lämpökerrosten sekoittumiskautta.

Sulkemisen jälkeinen tarkkailu päättyy, kun alueen ympäristövaikutusten ja turvallisuusriskien voidaan katsoa saavuttaneen tason, jolla merkitystä ei ole, tai vaikutus jää hyvin vähäiseksi. Vakuusarvioon on laskettu että sulkemisen jälkeistä tarkkailua tehdään 30 vuotta sulkemisen jälkeen.

Varsinaisen tarkkailuohjelman laadinnassa ja sen mahdollisissa päivityksissä varmistetaan, että tarkkailun keinoilla voidaan arvioida sulkemiselle asetettujen tavoitteiden toteutumista.

17 Sulkemiskustannusten ja vakuuksien arviointi

Sulkemisen kustannukset on esitetty liitteessä 5.

Rikastushiekka-altaan peiterakenteen tiivisrakenteena toimii 800 mm moreenikerros, jonka laskennallinen vedenläpäisevyys on $3,0 \times 10^{-7}$ m/s (liite 1). Ennen moreenikerroksen rakentamista rikastushiekkan pinta muotoillaan ja tasataan rikastushiekalla. Kaikki käytettävä moreeni löytyy kaivosalueelta tai sen läheltä. Moreenikerroksen päälle tehdään kasvukerros paikan päältä saatavasta läjitetystä pintamaa- tai muusta turvepitoisesta materiaalista. Istutettavana kasvillisuutena käytetään alueella sopivaa pientä puustoa tai pensaikkoa. Suunniteltu peiterakenne on esitetty kuvassa 11-1.

Pyriittialtaan tiivisrakenne koostuu HDPE-kalvosta, bentoniittimatosta, salaojamatosta ja kahdesta moreenikerroksesta. Alemman, tiivistetyn, moreenikerroksen paksuus on 300 mm ja tavoiteltava vedenläpäisevyys on $1,9 \times 10^{-7}$ m/s. Tiivistetyn moreenin päälle rakennetaan lisäksi 600 mm peittomoreenikerros jonka vedenläpäisevyys on $3,0 \times 10^{-7}$ m/s. Moreenikerroksen päälle tehdään kasvukerros paikan päältä saatavasta läjitetystä pintamaa- tai muusta turvepitoisesta materiaalista. Istutettavana kasvillisuutena käytetään alueella sopivaa pientä puustoa tai pensaikkoa. Pyriittialtaan suunniteltu peiterakenne on esitetty kuvassa 11-4.

18 Väliaikainen ja ennenaikainen sulkeminen

18.1 Väliaikainen sulkeminen

Väliaikaisella sulkemisella tarkoitetaan kaivostoiminnan lakkaamista tilapäisesti, esimerkiksi taloudellisista syistä. Kaivos siirretään ns. "care & maintenance" -tilaan, jossa suoritetaan keskeiset ylläpitotoimet, kuten kaivoskuivatuksen jatkaminen (kokonaan tai tarvittavaan tasoon). Tällöin voidaan olettaa, että pohjavesivirtaukset kaivosalueella ovat edelleen louhokseen suuntautuvia. Myös esimerkiksi rikastamon huoltotyöt, ja vesienkäsittely jatkuvat. Kaivosalue pidetään tilassa, joka mahdollistaa suhteellisen nopean tuotantoon palaamisen.

Väliaikaisessa sulkemisessa varmistetaan, että kontakti- ja ei-kontaktivesien erillään pito jatkuu ja kontaktivedet käsitellään ennen johtamista kaivosalueelta pois.

Turvallisuus taataan ensisijaisesti rajoittamalla liikkumista alueella, lähinnä aitaamisen keinoin.

Väliaikaisen sulkemisen merkittävimpiin huolenaiheisiin kuuluu pyriitin hapettumisen edistyminen (pyriittiallas). Tässä tilanteessa on mahdollista, että jätealueille muodostuviin sekundäärimineraaleihin varastoituva haitta-ainemäärä kasvaa verrattuna sulkemissuunnittelun yhteydessä arvioituun. Korkeamman rikkipitoisuuden omaavat jätteet on kuitenkin tarkoitus peittää varsin tiivistä lopullisessa sulkemisessa. Siten minimoidaan läpivirtaava vesimäärä ja samalla minimoidaan myös sekundäärimineraaleihin sitoutuneen haitta-aineiden varastokuorman kulkeutuminen ympäristöön. Näin ollen väliaikaisen sulkemisen ei katsota aiheuttavan merkittävää päästöriskin kasvua verrattuna tilanteeseen, jossa kaivostoiminta jatkuu normaalisti kaavailtuun päätepisteeseen asti.

18.2 Ennenaikainen sulkeminen

Mikäli kaivos suljetaan suunnitteluvaiheessa kaavailtua aikaisemmin, sulkeminen suoritetaan pääpiirteissään samalla tavalla kuin tässä sulkemissuunnitelmadokumentissa esitetään. Jättemäärät jäävät vähäisemmäksi ja louhos pienemmäksi. Kivilajisuhteet voivat poiketa mallinnetusta lopputilanteesta ja johtuen läjitysalueiden erilaista loppumittasuhteista kiintoaine-nestekontaktisuhde läjityksissä voi poiketa suunnitteluvaiheessa tarkastellusta skenaariosta.

Pääsääntöisesti valitun sulkemiskonseptin voidaan olettaa toimivan myös ennenaikaisessa sulkemisessa, mutta päästö- ja vaikutusennusteiden epävarmuudet kasvavat jonkin verran.



19 Sulkemissuunnitelman tarkentaminen ja päivittäminen

Sulkemissuunnitelma tullaan tarkistamaan vähintään 5 vuoden välein tai toiminnan oleellisesti muuttuessa. Kussakin suunnitteluvaiheessa esitetään myös suositukset seuraavaa suunnitteluvaihetta varten, tunnistettujen riskien, epävarmuuksien ja vaikutusten pohjalta.

Sulkemissuunnittelun seuraavassa vaiheessa sulkemisen jälkeisten vaikutusten arviointi perustuu kaivannaisjätteiden pitkäaikaistestauksen (esim. kosteuskammiokeet) tuloksiin. Tarvittaessa sulkemiskäytännöt arvioidaan uudelleen. Seuraavassa suunnitteluvaiheessa laaditaan myös sulkemisen jälkeinen kuorma- ja vesitase.

20 Lähdeluettelo

AFRY Finland Oy 2020. Kaivannaisjätteiden ja vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan karakterisointi. Sotkamo Silver Oy.

AFRY Finland Oy 2021. Sotkamon hopeakaivoksen tarkkailu 2020. Sotkamo Silver Oy.

EC 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries.

ICMM 2019. Integrated Mine Closure – Good Practice Guide, 2nd Edition.

Ramboll Finland Oy 2018. Sotkamo Silver Oy. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 20.2.2018

Ramboll Finland Oy 2020. Sotkamo Silver Oy. Kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelma. 27.1.2020.

Tilastokeskus 2020. Kuntien avainluvut 1987-2020. Viitattu 9.2.2022. Saatavilla: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Kuntien_avainluvut/Kuntien_avainluvut__2021/kuntien_avainluvut_2021_aikasarja.px/

Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto 2017. Kaivosvastuu. <https://www.kaivosvastuu.fi/>



Sotkamo Silver Oy

Rikastushiekka-altaan ja pyriittialtaan peittokerroksen
mallinnus

14.2.2022

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	2
2	Laskentamenetelmä	2
3	Mallin lähtötiedot ja parametrit	2
3.1	Hydrauliset parametrit.....	2
3.2	Säähavainnot	3
3.3	Mallin reunaehdot	5
3.4	Mallinnettu ajanjakso	5
3.5	Peitekerrokset	5
4	Tulokset.....	6
4.1	Rikastushiekka-allas peittorakenne 1.....	6
4.2	Rikastushiekka-allas peittorakenne 2.....	10
4.3	Rikastushiekka-allas: herkkyyssanalyysi	16
4.4	Pyriittiallas.....	17
5	Johtopäätökset ja epävarmuudet	22
6	Lähdeluettelo.....	23

14.2.2022

AFRY Finland Oy,
Kaivosympäristö
Jaakonkatu 3
01620 Vantaa

Copyright © AFRY Finland Oy

All rights reserved. This document or any part of it may not be copied or used in any form without a written permission from AFRY Finland Oy.

1 Johdanto

Tässä raportissa on tarkasteltu Sotkamo Silverin kaivosalueen rikastushiekka-altaaseen ja pyriittialtaaseen sadannasta aiheutuvan suotauman määrää sulkemisen jälkeisessä tilanteessa. Altaat on suunniteltu peitettäväksi moreeni- ja bentoniittikerroksilla. Altaiden vesitasetta, lähinnä läpi suotautuvan veden määrän osalta, on tässä työssä arvioitu mallintamalla allasalueiden vertikaalista pylväsprofiilia HYDRUS 1D-mallilla (Hydrus-1D) nykyisen suunnitelman mukaisena sekä rikastushiekka-altaan osalta myös yksikerros peittorakenteella. Työn tarkoituksena on selvittää allasalueiden peittorakenteiden kerrospaksuuksien ja kerrosten vedenjohtavuuksien vaikutusta peittorakenteen toimivuuteen. Tutkittavat peittorakenteet perustuvat aiempaan sulkemissuunnitelmaan (Envineer 2018) sekä rikastushiekka-altaalle uutena peittorakenteena 80 cm peittomoreeni.

Peittorakenteen tavoitteena on pyriittialtaalla sekä vähentää merkittävästi hapenkulkeutumista läjityksen sekä rajoittaa kontaktivesien määrää jätteen sisältämän suuren sulfidimäärän vuoksi. Rikastushiekassa rikkipitoisuus, ja siten myös sulfidisen rikin määrä, on alhainen, 0,5 m-%, joten peittorakenteella tavoitellaan on läpivirtaaman tasausta ja happivuon pienentymistä. Peittorakenteeksi valittiin *"store and release"* (sadannan imeytymistä tasaava ja vähentävä) rakenne.

2 Laskentamenetelmä

Laskennassa käytettiin HYDRUS 1D-mallinnusohjelmaa, joka laskee veden kulkeutumista 1- dimensioissa vertikaalisuuntaisessa maapylväässä (Rassam et al. 2018). Mallin yläreunalle syötetään mitattu sadanta, minkä lisäksi malliin syötetään mitattu säätila ja asetetaan maakerrokset ja niiden hydrauliset johtavuudet. Tämän jälkeen malli laskee pintakerrokselle satavan veden määrän, veden haihdunnan pintakerroksesta ja veden imeytymisen maaperään, sekä talvitilanteessa lumen sadannan ja sulannan.

3 Mallin lähtötiedot ja parametrit

3.1 Hydrauliset parametrit

Pyriittirikasteen, rikastushiekkan ja peitemateriaalien hydrauliset ominaisuudet mallinnettiin Hydrus-1D ohjelmalla käyttäen Van Genuchtenin epäsaturoituneen hydraulisen johtavuuden mallia. Käytetyt parametrit on esitetty taulukoissa 3-1 – 3-3.

Rikastushiekkan ja pyriittirikasteen hydraulisen johtavuuden arvona käytettiin 18,6 cm/d eli $2,2 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Pyriittialtaan suunnitelmien mukaisen peittorakenteen mallissa käytettiin peittomoreenille hydraulisen johtavuuden arvoa 2,58 cm/d eli $3,0 \cdot 10^{-7}$ m/s, seulotulle moreenille 1,68 cm/d eli $1,9 \cdot 10^{-7}$ m/s ja bentoniittikerrokselle 0,32 cm/d eli $3,7 \cdot 10^{-8}$ m/s. Bentoniittikerroksen hydraulisen johtavuuden arvo jouduttiin mallissa asettamaan todellista bentoniitin hydraulista johtavuutta selkeästi suuremmaksi, jotta mallinnusohjelma pystyi suorittamaan laskennan. Pylvään pohjalle asetettiin ohut turvekerros. Samoja arvoja käytettiin myös rikastushiekka-altaan aiemman suunnitteluvaiheen monikerrosrakenteelle.

Aikaisemman suunnitelmien mukaisen monikerrosrakenteen lisäksi rikastushiekka-altaalle mallinnettiin myös tilanne, jossa ei ole bentoniittikerrosta lainkaan, vaan rikastushiekka-allas

peitetään vain moreenikerroksella. Moreenikerroksen hydraulisen johtavuuden arvona käytettiin 2,58 cm/d eli $3,0 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Taulukko 3-1: Mallinnuksessa käytetyt parametrit aiemman suunnitelman mukaiselle rikastushiekka-altaan peittorakenteelle.

Materiaali	θ_r	θ_s	Alpha	n	Ksat(cm / d)	Ks (m / s)
Rikastushiekka	0,1008	0,4991	0,0145	1,318	18,6	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Turve	0,07	0,36	0,005	1,09	0,48	$5,6 \cdot 10^{-8}$
Peittomoreeni	0,0838	0,3817	0,0174	1,2247	2,58	$3,0 \cdot 10^{-7}$
Seulottu moreeni	0,089	0,43	0,01	1,23	1,68	$1,9 \cdot 10^{-7}$
Bentoniitti	0,1237	0,2621	0,0129	1,4213	0,32	$3,7 \cdot 10^{-8}$

Taulukko 3-2: Mallinnuksessa käytetyt parametrit nykyisen suunnitelman mukaiselle rikastushiekka-altaan yksikerrospeittorakenteelle, jossa ei ole bentoniittikerrosta moreenin alla.

Materiaali	θ_r	θ_s	Alpha	n	Ksat(cm / d)	Ks (m / s)
Rikastushiekka	0,1008	0,4991	0,0145	1,318	18,6	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Turve	0,07	0,36	0,005	1,09	0,48	$5,6 \cdot 10^{-8}$
Peittomoreeni	0,0838	0,3817	0,0174	1,2247	2,58	$3,0 \cdot 10^{-7}$

Taulukko 3-3: Mallinnuksessa käytetyt parametrit nykyisen suunnitelman mukaiselle pyriittialtaan peittorakenteelle.

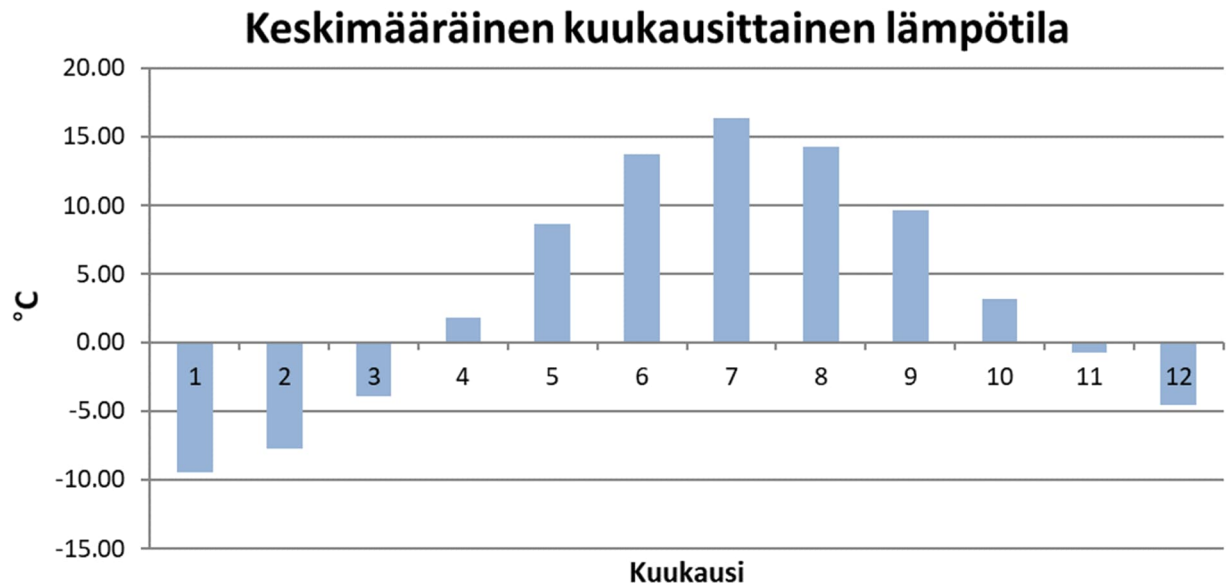
Materiaali	θ_r	θ_s	Alpha	n	Ksat(cm / d)	Ks (m / s)
Pyriittirikaste	0,1008	0,4991	0,0145	1,318	18,6	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Turve	0,07	0,36	0,005	1,09	0,48	$5,6 \cdot 10^{-8}$
Peittomoreeni	0,0838	0,3817	0,0174	1,2247	2,58	$3,0 \cdot 10^{-7}$
Seulottu moreeni	0,089	0,43	0,01	1,23	1,68	$1,9 \cdot 10^{-7}$
Bentoniitti	0,1237	0,2621	0,0129	1,4213	0,32	$3,7 \cdot 10^{-8}$

3.2 Säähavainnot

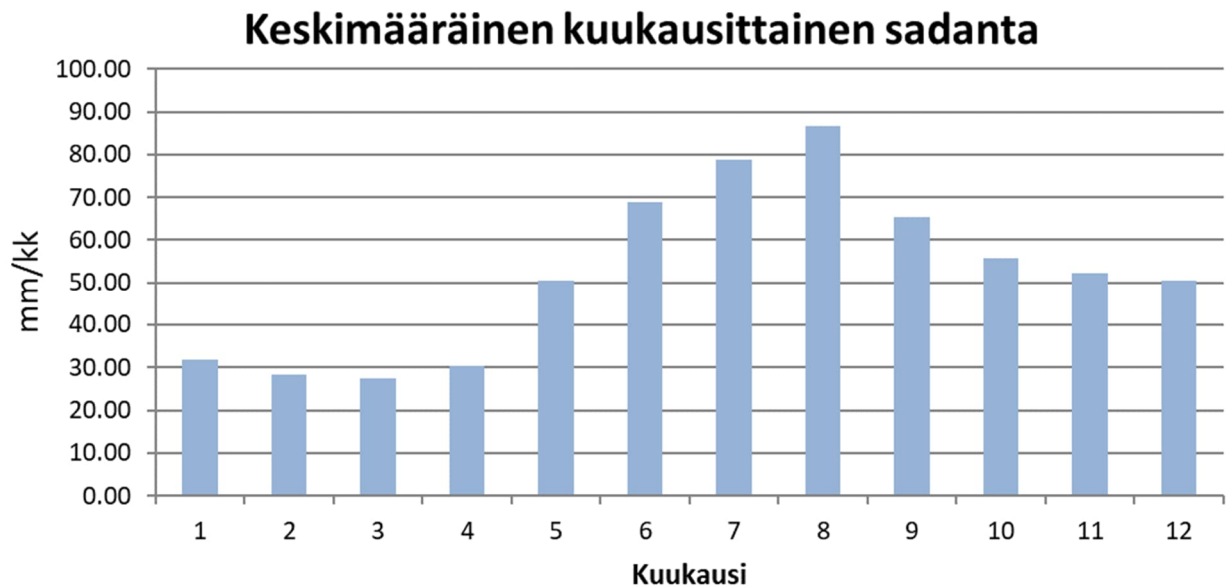
Säähavainnot haettiin julkisista tietokannoista (Ilmatieteenlaitos (FMI 2020) ja ERA-Interim reanalysis (ECMWF)). Säätiiedot (sadanta, lämpötila, tuuli, ilmankosteus) haettiin sääasemalta Sotkamo/Kuolaniemi ja säteily lähimmästä sääpisteestä (lat 64, lon 29) ECMWF ERA-Interim data.

Kuvissa 3-1 – 3-3 esitetään keskimääräinen kuukausittainen lämpötila, keskimääräinen kuukausittainen sadanta (talvikuukausien aikana sade tulee lumena) ja vuosittainen sadanta. Tiedot on koostettu käyttäen dataa vuosilta 2011–2020. Keskimääräinen sadanta tälle

ajanjaksolle on 628 mm/a ja keskilämpötila 3,5 °C. Haihdunta lasketaan mallissa vuorokauden minimi- ja maksimilämpötilojen perusteella.

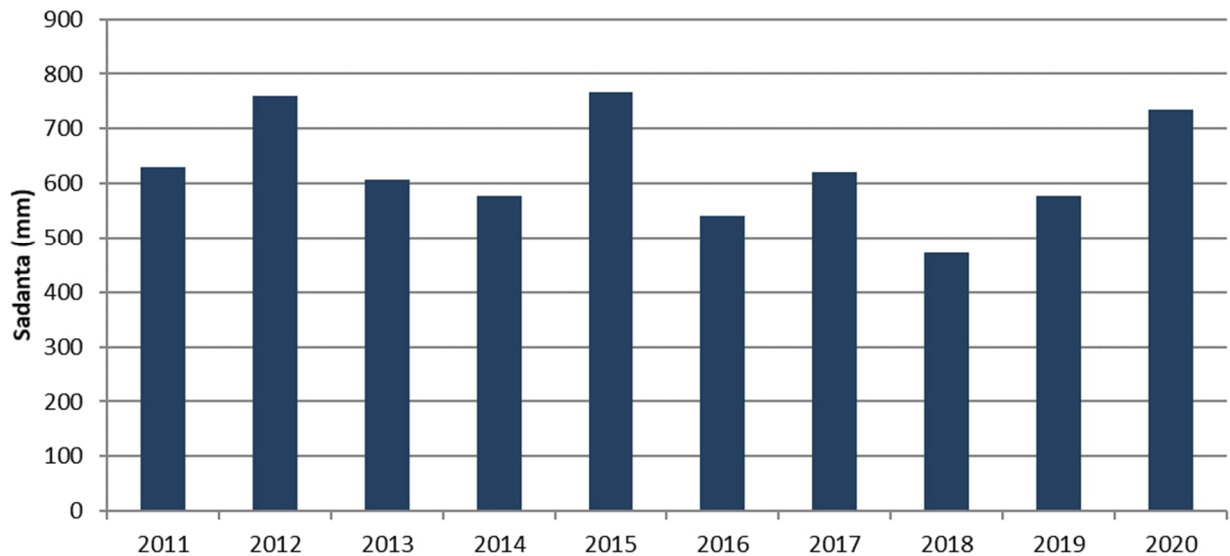


Kuva 3-1: Keskimääräiset kuukausittaiset lämpötilat 2011–2020, Sotkamo Kuolaniemi.



Kuva 3-2: Keskimääräinen kuukausittainen sadanta 2011–2020, Sotkamo Kuolaniemi.

Vuosittainen sadanta



Kuva 3-3: Mitattu vuosittainen sadanta 2011–2020 Sotkamo Kuolaniemi.

3.3 Mallin reunaehdot

Rikastushiekka- ja pyriittiallas mallinnettiin Hydrus-1d -ohjelmalla yksittäisinä 1D-maakerrosprofiilipylväinä. Malliin syötettiin säätietoina sadanta, lämpötila, säteily, kosteus ja tuuli. Profiileiden pohjalle asetettiin reunaehto, jossa rikastushiekka-altaassa pohjaveden pinnan oletetaan olevan 5 m ja pyriittialtaassa 3,25 m korkeudella pohjalta. Rikastushiekka-altaassa pohjaveden pinnan korkeus sulkemisen jälkeisessä tilanteessa ei ole tiedossa, joten parametrille tehtiin herkkyytstarkastelua tekemällä laskenta myös niin, että pinta on asetettu korkeuksille 10 m ja 13 m pylvään pohjalta (luku 4.3). Profiilin pintaosan lämpötila asetettiin ilman lämpötilaksi. Profiilin pohjan lämpötila asetettiin vakioiksi 1 °C, mikä vastaa rikastushiekka-altaassa tehtyjä mittauksia. Rikastushiekka-altaan profiilin alkulämpötilaksi asetettiin 10 °C ja vesipitoisuudeksi 0,49. Pyriittialtaan profiilin alkulämpötilaksi asetettiin 20 °C ja vesipitoisuudeksi materiaalista riippuen 0,35–0,49.

3.4 Mallinnettu ajanjakso

Mallinnus tehtiin käyttämällä säähavaintodataa vuosilta 2011–2020 (10 vuotta). Kaksi ensimmäistä vuotta käytettiin mallin alustukseen, joten tulokset esitetään vuosille 2013–2020 (8 vuotta).

3.5 Peitekerrokset

Rikastushiekka-allas ja pyriittiallas mallinnettiin erikseen. Kummassakin tehtiin yksi mallinnuspylväsprofiili alueen maksimikorkeuteen (rikastushiekka-allas 15,5 m ja pyriittiallas 9,0 m).

Rikastushiekka-altaalle mallinnettiin kaksi eri peittorakennetta: 1) aiemman suunnitteluvaiheen mukainen kolmikerrosrakenne, jossa rikastushiekan päälle tulee ensin bentoniittikerros (10 cm), sen päälle seulottu moreeni (30 cm) ja päällimmäiseksi peittomoreeni (50 cm) ja 2) yksikerrosrakenne, jossa rikastushiekka-altaan päälle tulee 80 cm paksu peittomoreeni. Mallinnus tehtiin myös 50 cm ja 110 cm peitemoreenikerrokselle.

Pyriittialtaalle mallinnettiin yksi suunnitelmien mukainen peittorakenne, jossa pyriittirikasteen päälle tulee bentoniittikerros (10 cm), seulottu moreeni (30 cm) ja peittomoreeni (60 cm).

Moreenikerroksen minimipaksuudeksi määriteltiin routasyvyyksien perusteella 80 cm.

4 Tulokset

Työssä mallinnettiin yhteensä kolme erilaista profiilia. Profiilien korkeus asetettiin allasalueen maksimikorkeuteen rikastushiekka-altaassa 15,5 m ja pyriittialtaassa 9,0 m. Profiilien pohjalle asetettiin huonosti vettä johtava turvekerros (20 cm). Profiileilla mallinnettiin peitekerrospaksuuksien ja peitemateriaalien vaikutusta läpisuotaumaan ja peitemoreeni- ja bentoniittikerrosten kosteuteen. Rikastushiekka-altaan tuloksille tehtiin myös herkkyyssanalyysi mallintamalla eri paksuisten peitekerrosten ja peitekerrosten hydraulisen johtavuuden arvojen vaikutusta mallinnuksen tuloksiin.

Kaikille profiileille esitetään seuraavat laskennalliset tulokset kahdeksan vuoden mallinnusajanjaksolta aikasarjaesityksenä:

- Rikastushiekka-allas, aiempi suunnitelma (peittorakenne 1): vesipitoisuus kuudessa pisteessä (peittomoreenikerroksessa, seulotun moreenin kerroksessa, bentoniittikerroksessa, rikastushiekan ylä-, keski- ja alaosa)
- Rikastushiekka-allas, nykyinen suunnitelma, yksikerroksinen peittorakenne (peittorakenne 2): vesipitoisuus kuudessa pisteessä (peittomoreenikerroksessa ylä- ja alaosa sekä heti peittomoreenin alapuolella, rikastushiekan ylä-, keski- ja alaosa)
- Pyriittiallas: Vesipitoisuus kuudessa pisteessä (peittomoreenikerroksessa, seulotun moreenin kerroksessa, bentoniittikerroksessa, pyriittirikasteen ylä-, keski- ja alaosa)
- Suotauma pohjaveteen
- Pintavesibalanssi, esim. imeytyminen ja haihdunta

Lumipeitteeseen ja kasaan ennen ja jälkeen laskennan varastoitunut vesi selittää pienet erot lasketuissa vesimäärissä (esim. Taulukko 4-3) suhteessa sadantaan (Kuva 3-3).

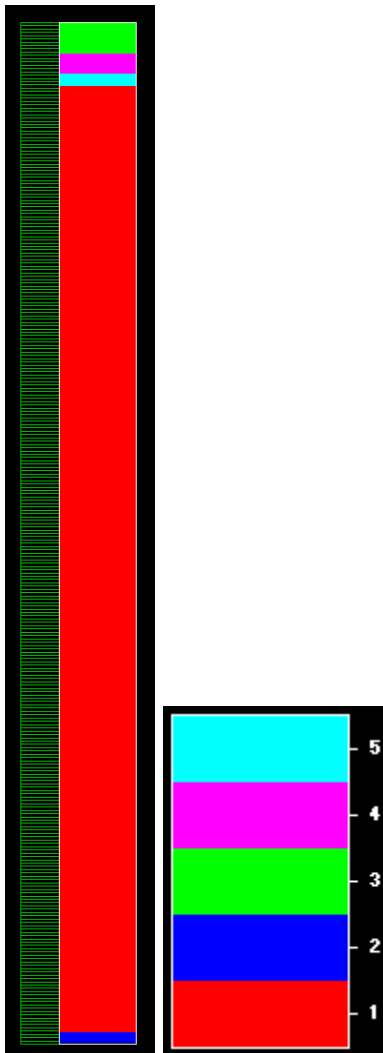
4.1 Rikastushiekka-allas peittorakenne 1

Rikastushiekka-altaan 15,5 m korkea profiili edustaa altaan korkeinta kohtaa. Mallin hilakoppien korkeudeksi asetettiin 5 cm. Peittorakenteen mallinnuksessa on käytetty 50 cm paksuista peittomoreenikerrosta, 30 cm seulotun moreenin kerrosta ja 10 cm paksuista bentoniittikerrosta (Kuva 4-1). Vesipitoisuus ja maaperän lämpötila valituissa pisteissä on esitetty aikasarjana kuvissa 4-2 ja 4-3, ja vastaavat keskimääräiset, minimi ja maksimiarvot taulukossa 4-2. Vesipitoisuus on esitetty suhteellisena vesipitoisuutena, jonka laskennassa on käytetty vesipitoisuuden minimi- ja maksimiarvoja (Taulukko 3-1, θ_r ja θ_s). Pisteiden sijainti syvyysuunnassa ja rakennekerroksessa on esitetty taulukossa 4-1.

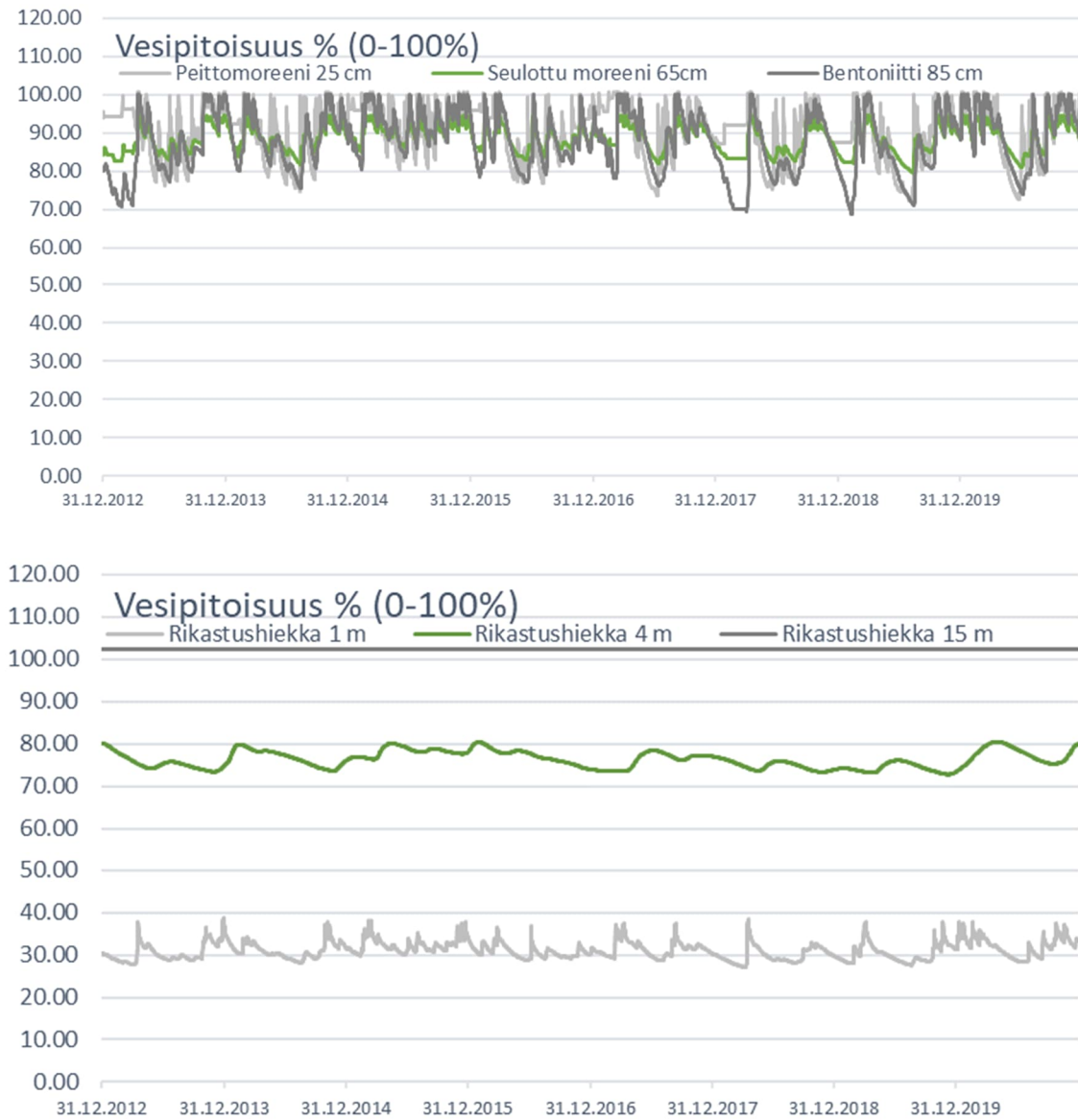
Taulukko 4-1 Rikastushiekka-altaan peittorakenteen 1 vesipitoisuuden laskentaan käytetyt pisteet.

Syvyys peittorakenteen yläosasta / m	Rakennekerros
0,25	peittomoreenikerros
0,65	seulotun moreenin kerros
0,85	bentoniittikerros
1,0	rikastushiekkakerroksen yläosa
4,0	rikastushiekkakerroksen keskiosa
15,0	rikastushiekkakerroksen alaosa

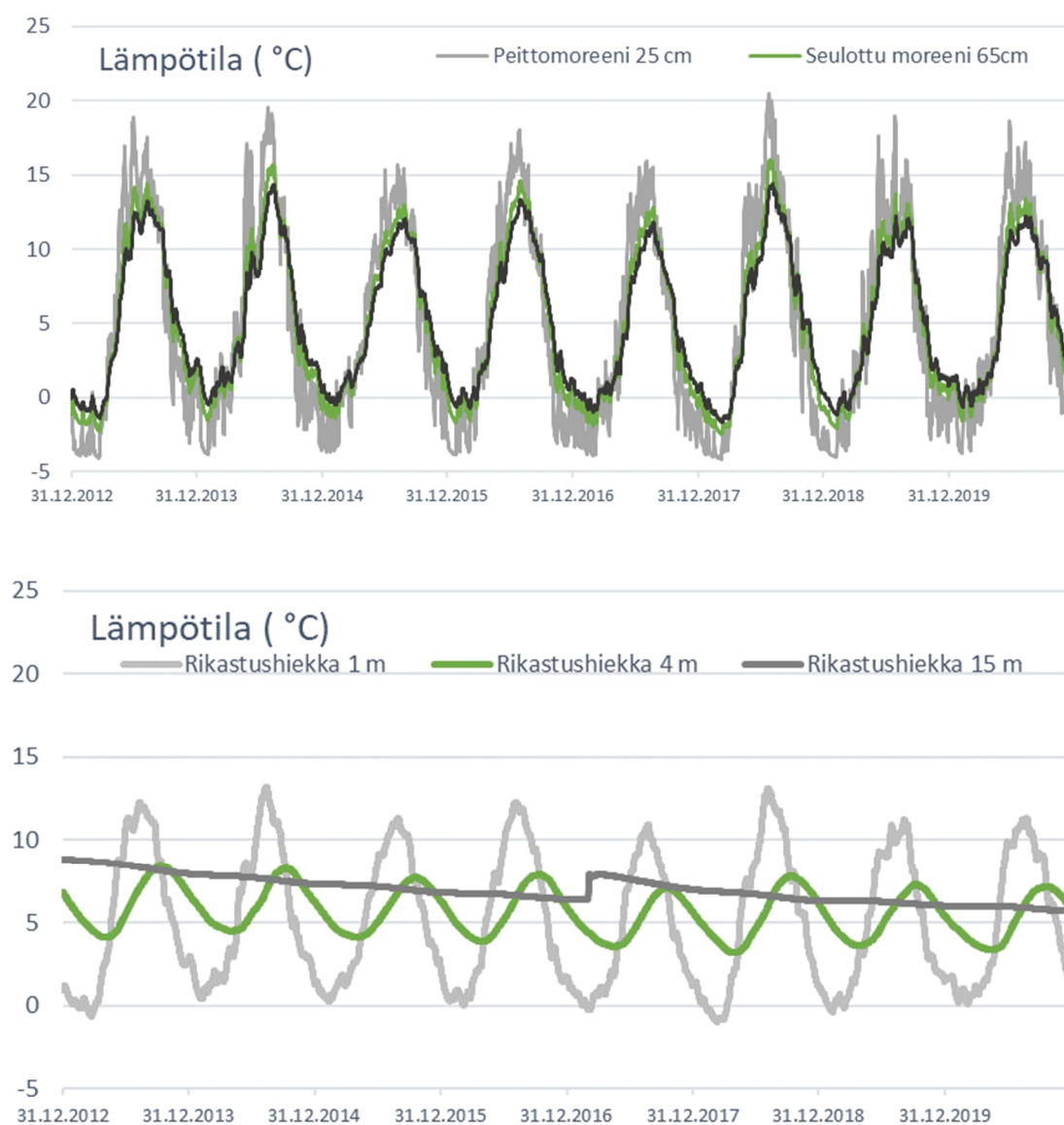
Pintavesitase ja suotauma pohjaveteen on esitetty kuvissa 4-4 ja 4-5. Vastaava vuosikeskiarvo sekä minimi ja maksimi kahdeksan vuoden laskentaperiodilta on esitetty taulukossa 4-3.



Kuva 4-1: Vasemmalla rikastushiekka-altaalle mallinnettu 15,5 m maakerrospylväs peittorakenteelle 1, oikealla värikoodit, jossa 1=rikastushiekka, 2=turve, 3=peittomoreeni, 4=seulottu moreeni, 5=bentoniitti.



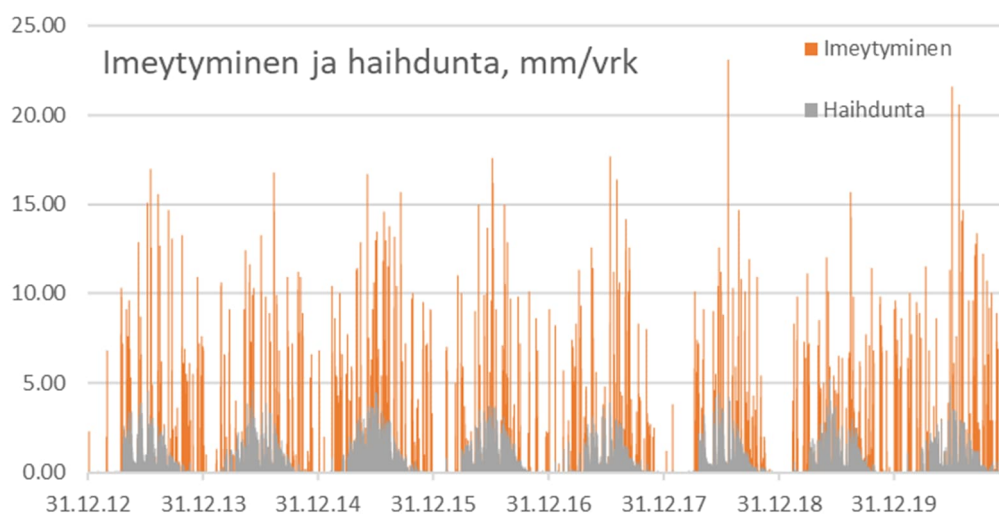
Kuva 4-2: Rikastushiekka-altaan peittorakenne 1, 15,5 m profiili, suhteellinen vesipitoisuus aikasarjana.



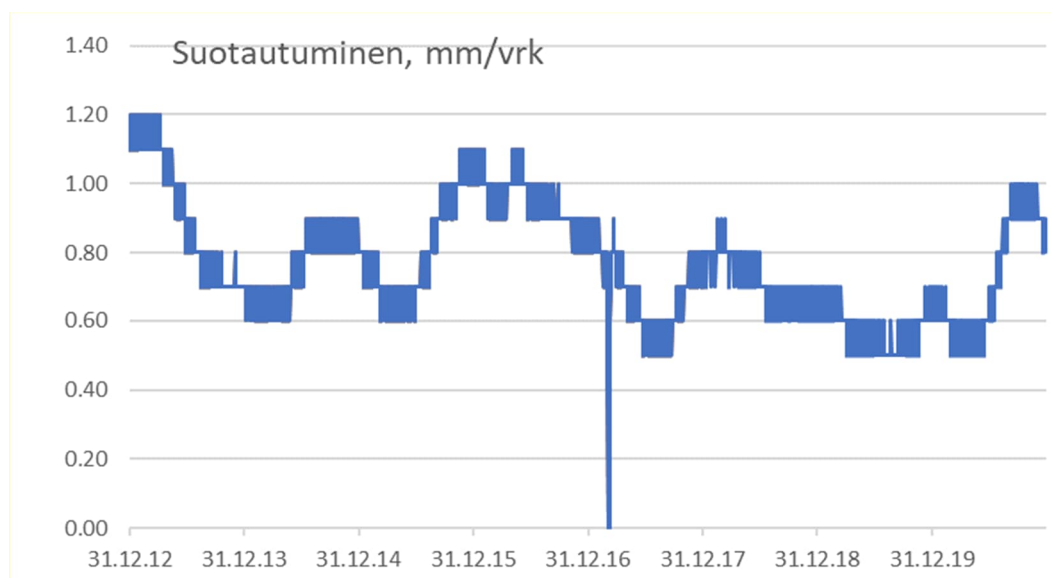
Kuva 4-3: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, lämpötila aikasarjana peittorakenne 1.

Taulukko 4-2: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, suhteellisen vesipitoisuuden ja lämpötilan keskiarvot, minimi ja maksimit. Peittorakenne 1.

Laskentapiste	Suhteellinen vesipitoisuus %			Lämpötila °C		
Syvyys, m	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Peittomoreeni 25 cm	90,54	71,82	100,71	4,94	-4,15	20,47
Seulottu moreeni 65 cm	88,60	79,45	94,49	5,14	-2,48	16,04
Bentoniitti 85 cm	88,09	68,64	100,00	5,23	-1,68	14,55
Rikastushiekka 1 m	31,19	27,16	38,62	5,32	-0,95	13,53
Rikastushiekka 4 m	76,67	72,76	99,97	0,40	0,38	0,49
Rikastushiekka 15 m	102,34	102,34	102,34	7,52	5,69	10,00



Kuva 4-4: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, imeytyminen ja haihdunta peittorakenne 1.



Kuva 4-5: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, suotautuminen peittorakenne 1.

Taulukko 4-3: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, ulosvirtaaman, imeytymisen ja haihdunnan vuosikeskiarvot, minimi ja maksimit. Peittorakenne 1.

	Suotautuminen	Imeytyminen	Haihdunta
Vuosikeskiarvo	278 mm/v	519 mm/v	243 mm/v
Päivittäinen minimi	0,0 mm/vrk	0,00 mm/vrk	-0,20 mm/vrk
Päivittäinen maksimi	1,20 mm/vrk	23,10 mm/vrk	5,20 mm/vrk

4.2 Rikastushiekka-allas peittorakenne 2

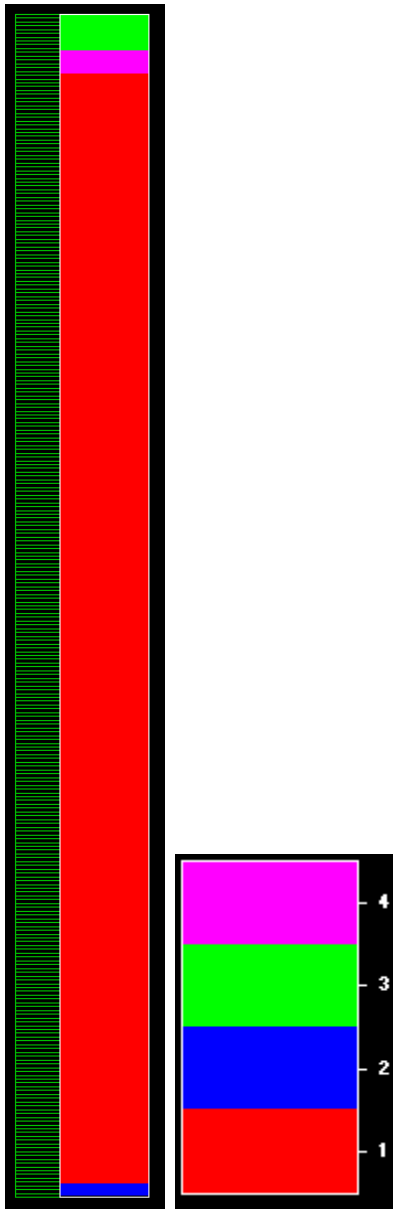
Rikastushiekka-altaan 15,5 m korkea profiili edustaa altaan korkeinta kohtaa. Mallin hilakoppien korkeudeksi asetettiin 5 cm. Peittorakenteen mallinnuksessa on käytetty nykyisen suunnitelmanvaiheen mukaista 80 cm paksuista peittomoreenikerrosta ilman bentoniittikerrosta

(Kuva 4-6). Vesipitoisuus ja maaperän lämpötila valituissa pisteissä on esitetty aikasarjana kuvissa 4-7 ja 4-8, ja vastaavat keskimääräiset, minimi ja maksimiarvot taulukossa 4-5. Vesipitoisuus on esitetty suhteellisena vesipitoisuutena, jonka laskennassa on käytetty vesipitoisuuden minimi- ja maksimiarvoja (Taulukko 3-2, θ_r ja θ_s) Pisteiden sijainti syvyysuunnassa ja rakennekerroksessa on esitetty taulukossa 4-4:

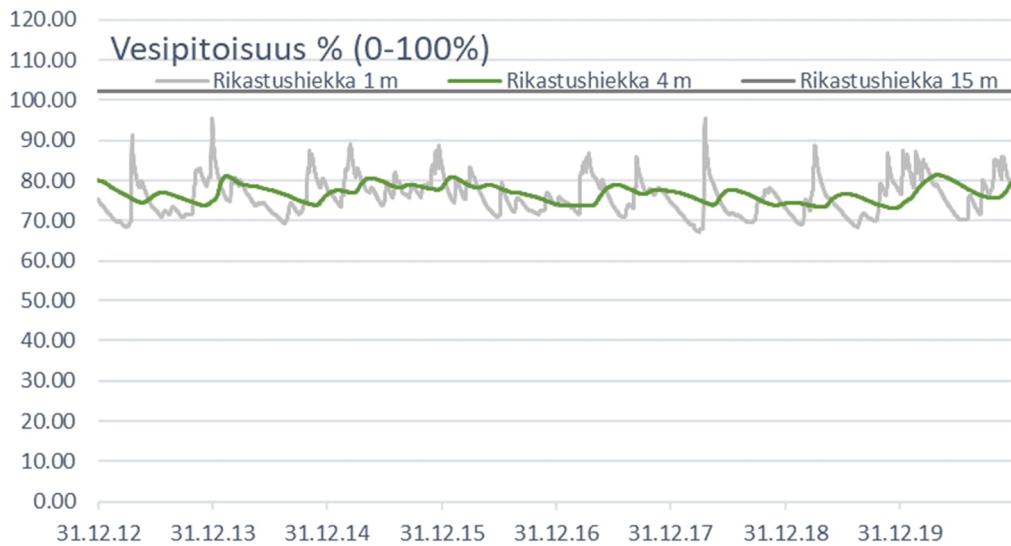
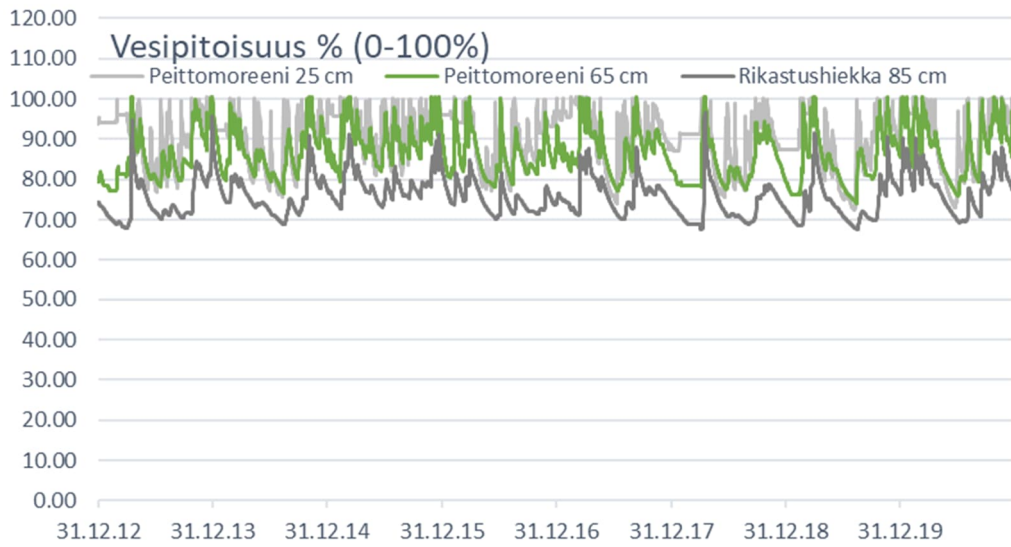
Taulukko 4-4 Rikastushiekka-altaan peittorakenteen 2 vesipitoisuuden laskentaan käytetyt pisteet.

Syvyys peittorakenteen yläosasta / m	Rakennekerros
0,25	peittomoreenikerros
0,65	peittomoreenikerros
0,85	rikastushiekka peittomoreenin alapuolella
1,0	rikastushiekkakerroksen yläosa
4,0	rikastushiekkakerroksen keskiosa
15,0	rikastushiekkakerroksen alaosa

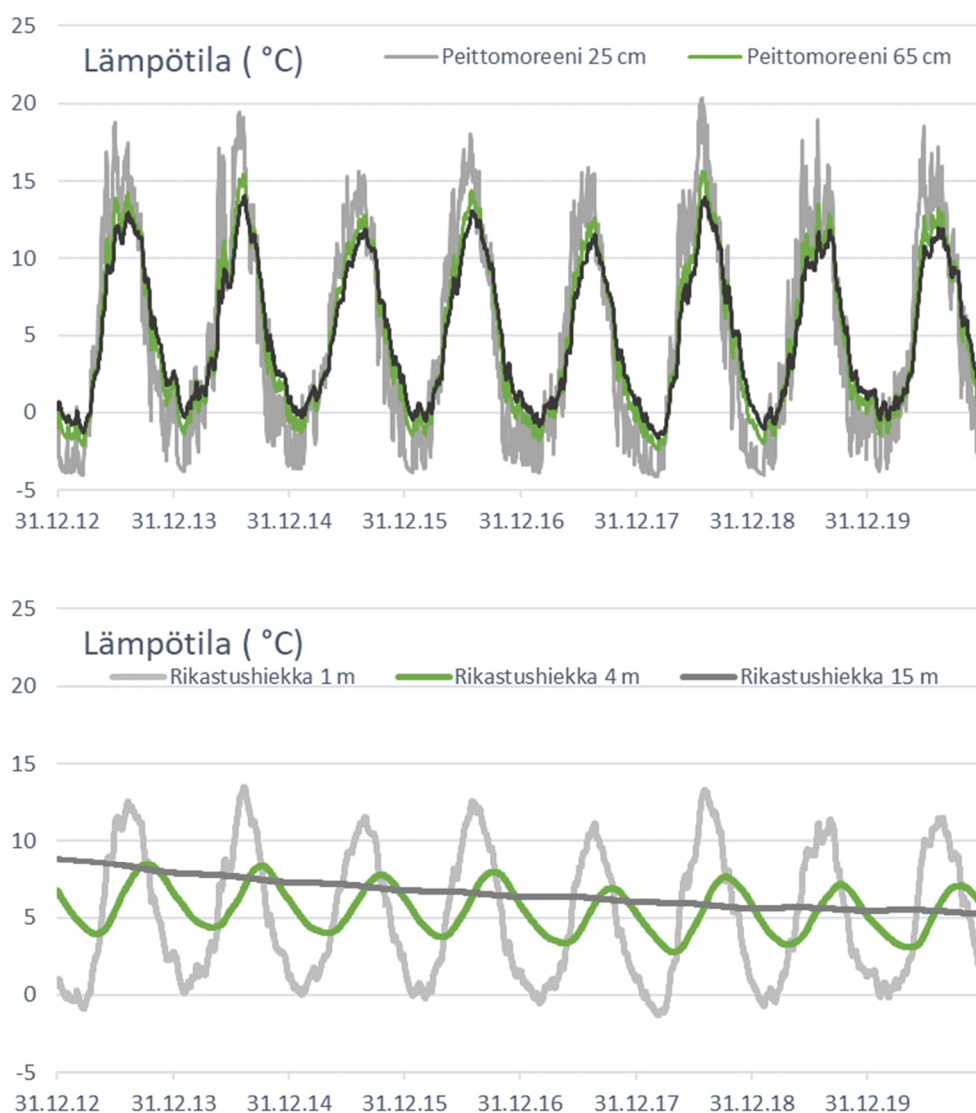
Pintavesitase ja suotauma pohjaveteen on esitetty kuvissa 4-9 ja 4-10. Vastaava vuosikeskiarvo sekä minimi ja maksimi kahdeksan vuoden laskentaperiodilta on esitetty taulukossa 4-6.



Kuva 4-6: Vasemmalle rikastushiekka-altaalle mallinnettu maakerrospylväs peittorakenteelle 2, oikealla värikoodit, jossa 1=rikastushiekka, 2=turve, 3 ja 4=peittomoreeni.



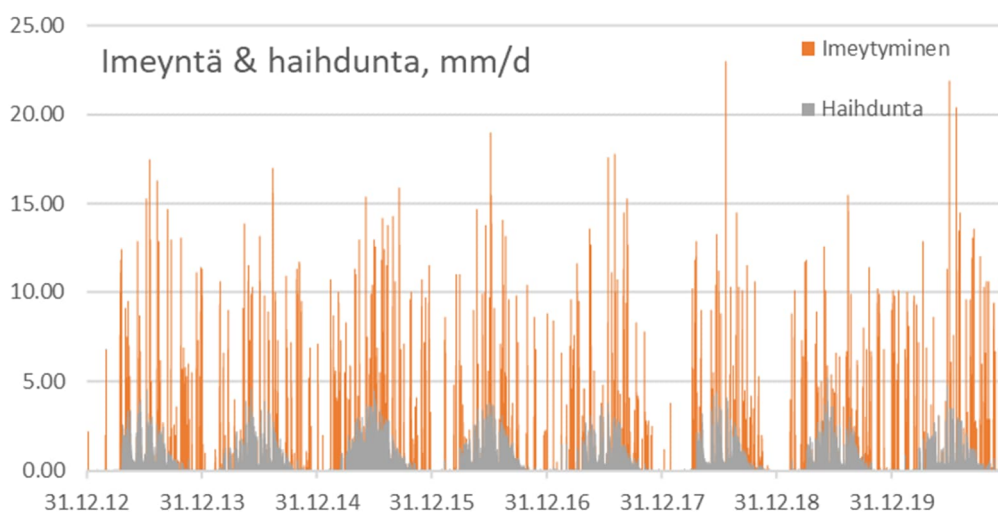
Kuva 4-7: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, suhteellinen vesipitoisuus aikasarjana peittorakenne 2.



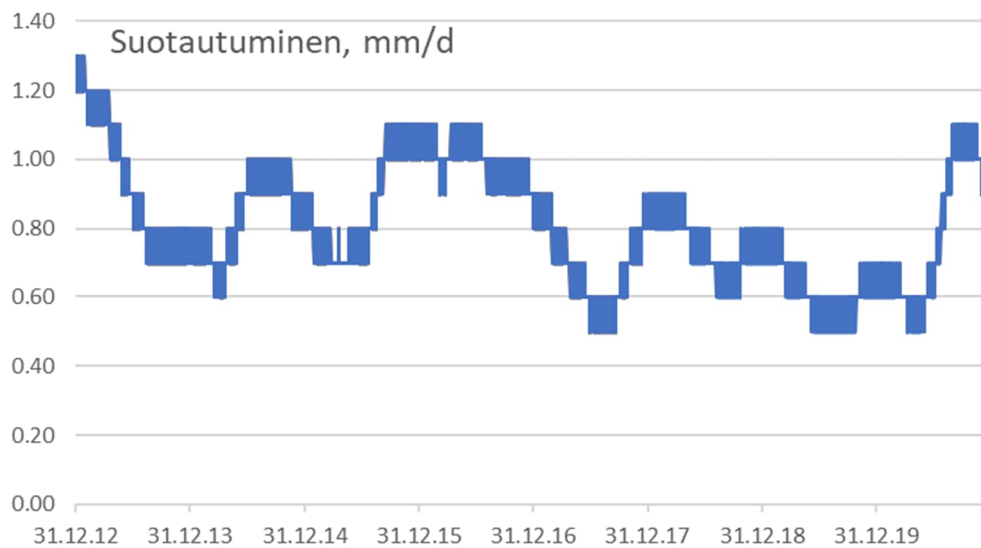
Kuva 4-8: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, lämpötila aikasarjana peittorakenne 2.

Taulukko 4-5: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, vesipitoisuuden ja lämpötilan keskiarvot, minimi ja maksimit. Peittorakenne 2.

Laskentapiste Syvyys, m	Suhteellinen vesipitoisuus %			Lämpötila °C		
	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Peittomoreeni 25 cm	90,67	72,46	100,57	4,93	-4,14	20,36
Peittomoreeni 65 cm	86,59	74,18	100,67	5,12	-2,40	15,60
Rikastushiekka 85 cm	76,16	67,52	96,66	5,21	-1,61	14,25
Rikastushiekka 1 m	76,33	67,16	95,35	5,25	-1,28	13,76
Rikastushiekka 4 m	77,18	73,12	100,03	0,40	0,39	0,49
Rikastushiekka 15 m	102,34	102,34	102,34	7,19	5,24	10,00



Kuva 4-9: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, imeytyminen ja haihdunta, peittorakenne 2.



Kuva 4-10: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, suotautuminen peittorakenne 2.

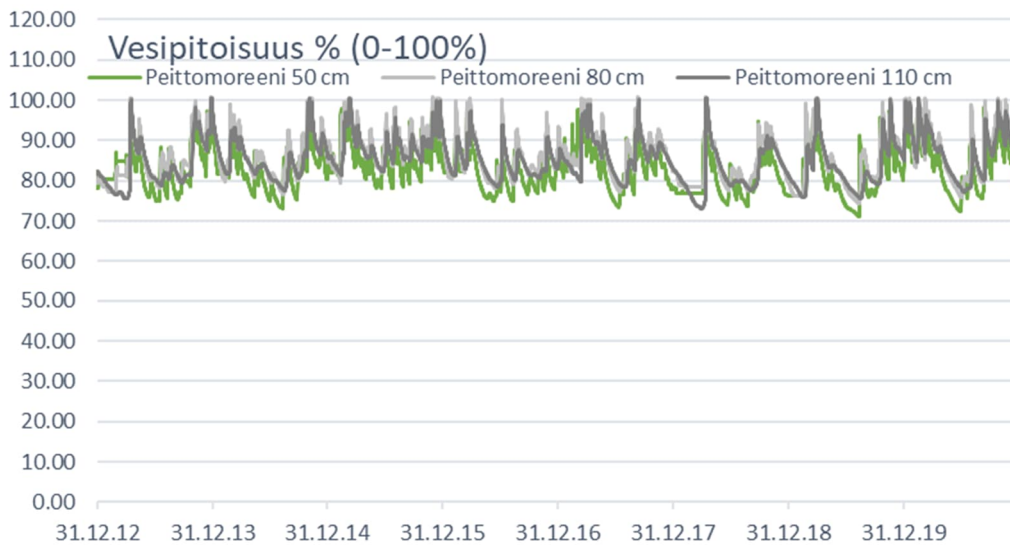
Taulukko 4-6: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili, ulosvirtaaman, imeytymisen ja haihdunnan vuosikeskiarvot, minimi ja maksimit. Peittorakenne 2.

	Ulosvirtaama	Imeytyminen	Haihdunta
Vuosikeskiarvo	297 mm/v	536 mm/v	241 mm/v
Päivittäinen minimi	0,50 mm/vrk	0,00 mm/vrk	-0,10 mm/vrk
Päivittäinen maksimi	1,30 mm/vrk	23,00 mm/vrk	5,20 mm/vrk

4.3 Rikastushiekka-allas: herkkyyssanalyysi

Rikastushiekka-altaan herkkyyssanalyysissä tarkasteltiin pohjavedenpinnan korkeuden ja peitekerrospaksuuksien vaikutusta tuloksiin. Rikastushiekka-allas mallinnettiin peittorakenteella 1 käyttäen 5 m, 10 m ja 13 m pohjavedenpinnan korkeutta altaassa. Pohjavedenpinnan korkeudella altaassa ei ollut merkittävää vaikutusta peittorakenteen materiaalien kosteuspitoisuuteen.

Peittorakenteen 2 suhteen tehtiin herkkyyssanalyysia peittomerenkerroksen paksuuden suhteen. 80 cm paksun moreenikerroksen lisäksi mallinnettiin 50 cm ja 110 cm paksut moreenikerrokset. Tulosten mukaan 50 cm paksun peitemoreenin keskimääräinen kosteusprosentti (83,0 %) on hieman alhaisempi kuin 80 cm peittomerenkerroksella (86,6 %) ja 110 cm peittokerroksella (85,4 %) (Kuva 4-11).



Kuva 4-11: Rikastushiekka-allas, 15,5 m profiili moreenikerroksen suhteellinen vesipitoisuus aikasarjana eri peittomerenin kerrospaksuuksilla 50 cm (piste 45 cm), 80 cm (piste 65 cm) ja 110 cm (piste 100 cm), peittorakenne 2.

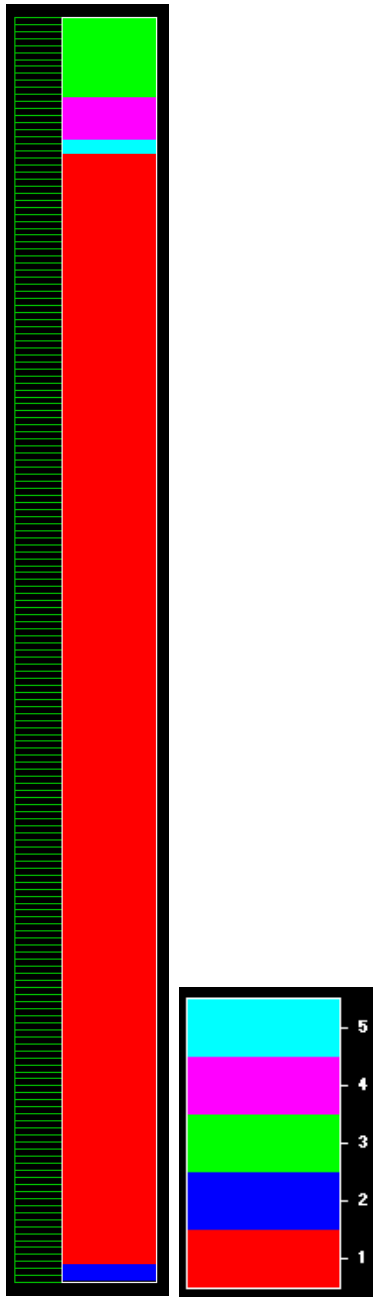
4.4 Pyriittiallas

Pyriittialtaan 9,0 m korkea profiili edustaa altaan korkeinta kohtaa. Mallin hilakoppien korkeudeksi asetettiin 5 cm. Suunnitellun peittorakenteen mallinnuksessa on käytetty 60 cm paksuista peittomerenikerrosta, 30 cm seulotun moreenin kerrosta ja 10 cm paksuista bentoniittikerrosta (Kuva 4-12). Vesipitoisuus ja maaperän lämpötila valituissa pisteissä on esitetty aikasarjana kuvissa 4-13 ja 4-14, ja vastaavat keskimääräiset, minimi ja maksimiarvot taulukossa 4-8. Vesipitoisuus on esitetty suhteellisuutena, jonka laskennassa on käytetty vesipitoisuuden minimi- ja maksimiarvoja (Taulukko 3-1, θ_r ja θ_s). Pisteiden sijainti syvyys suunnassa ja rakennekerroksessa on esitetty taulukossa 4-7.

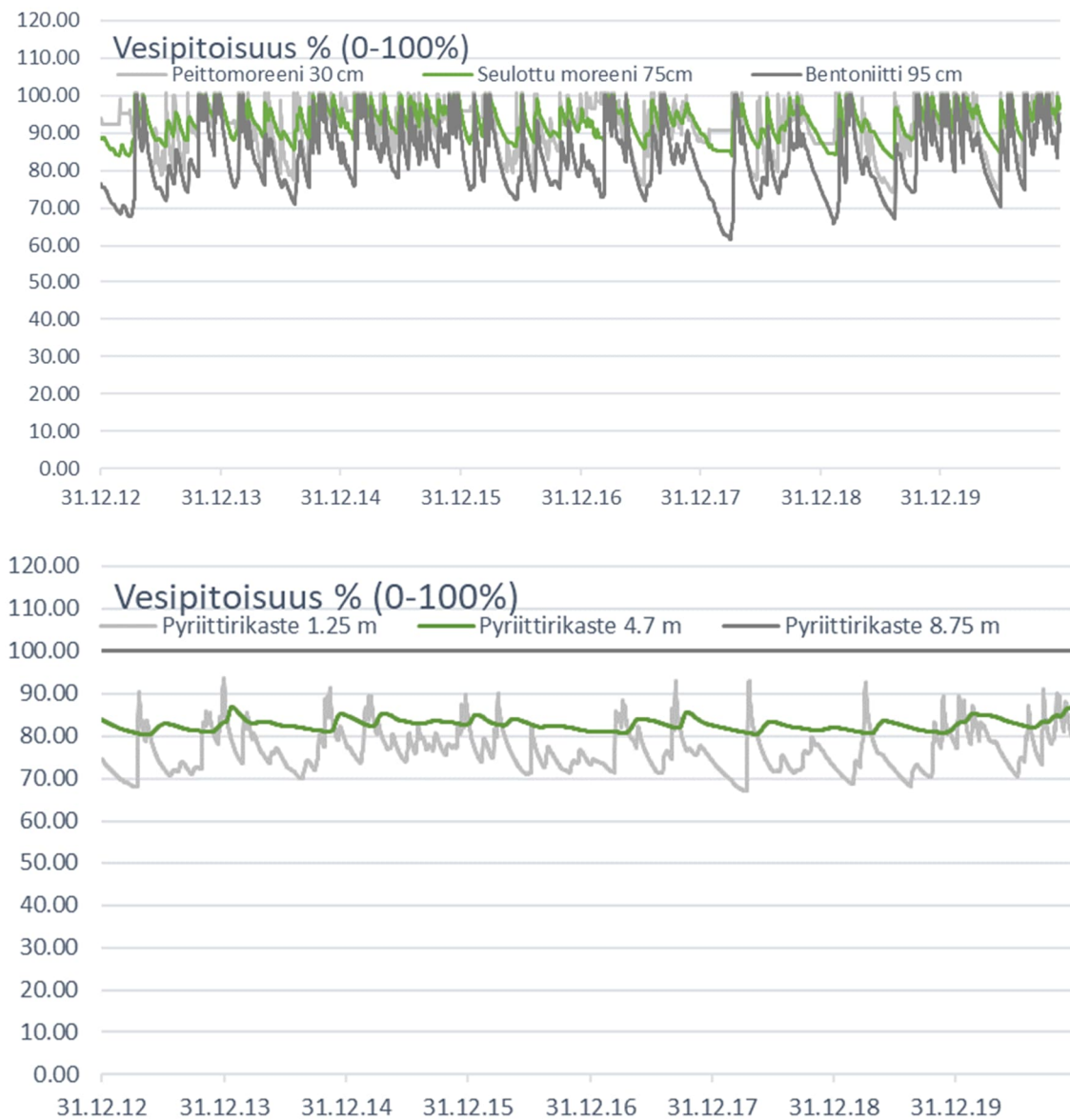
Taulukko 4-7 Pyriittialtaan vesipitoisuuden laskennassa käytetyt pisteet.

Syvyys peittorakenteen yläosasta / m	Rakennekerros
0,25	peittomerenikerros
0,65	seulotun moreenin kerros
0,85	bentoniittikerros
1,25	pyriittirikasteen yläosa
4,7	pyriittirikasteen keskiosa
8,75	pyriittirikasteen alaosa

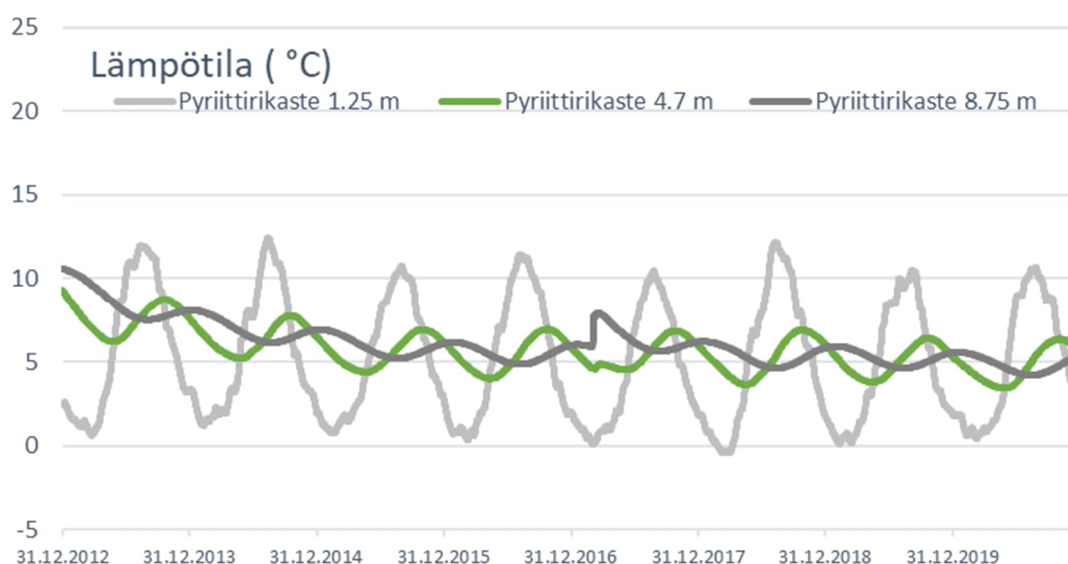
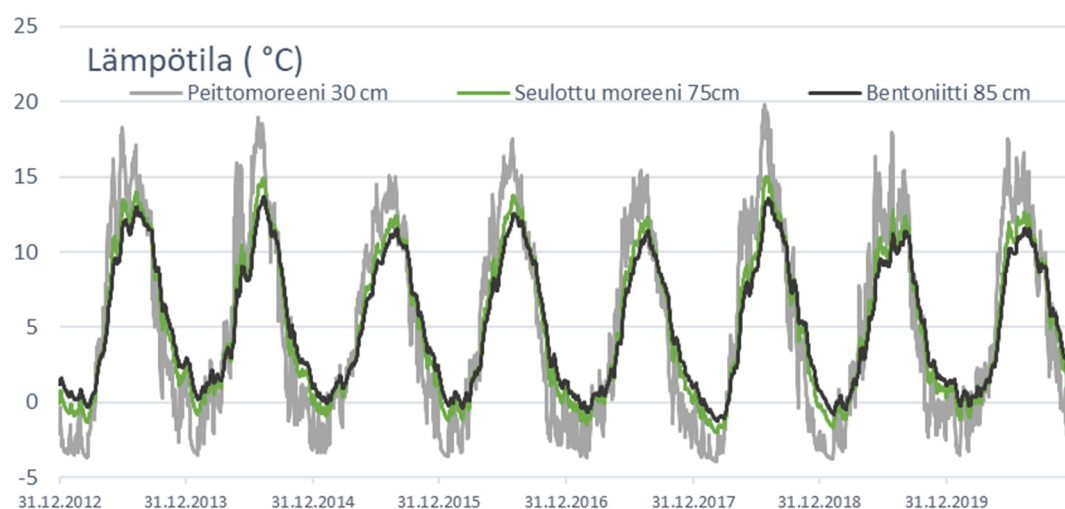
Pintavesitase ja suotauma pohjaveteen on esitetty kuvissa 4-15 ja 4-16. Vastaava vuosikeskiarvo sekä minimi ja maksimi kahdeksan vuoden laskentaperiodilta on esitetty taulukossa 4-9.



Kuva 4-12: Vasemmalla pyriittialtaalle mallinnettu 9,0 m maakerrospylväs, oikealla värikoodit, joissa 1=rikastushiekka, 2=turve, 3=peittomoreeni, 4=seulottu moreeni, 5=bentoniitti.



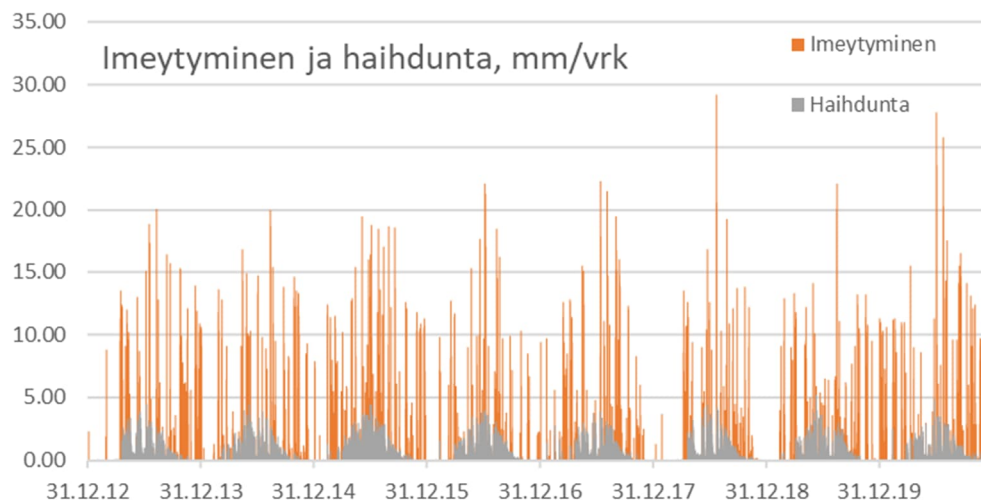
Kuva 4-13: Pyriittiallas, 9 m profiili, suhteellinen vesipitoisuus aikasarjana.



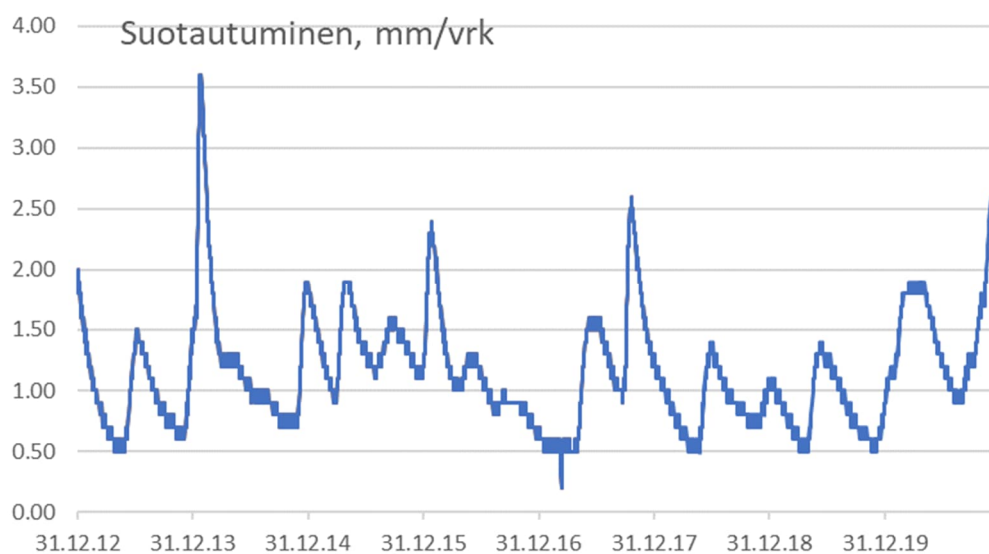
Kuva 4-14: Pyriittiallas, 9 m profiili, lämpötila aikasarjana.

Taulukko 4-8: Pyriittiallas, 9 m profiili, suhteellinen vesipitoisuuden ja lämpötilan keskiarvot, minimit ja maksimit.

Laskentapiste	Suhteellinen vesipitoisuus %			Lämpötila °C		
Syvyys, m	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Peittomoreeni 30 cm	91,55	74,07	100,7	5,08	-3,93	19,84
Seulottu moreeni 75 cm	93,06	83,05	100,0	5,51	-2,03	19,78
Bentoniitti 95 cm	83,48	61,78	100,1	5,69	-1,23	19,97
Pyriittirikaste 1,25 m	76,80	66,98	93,5	5,88	-0,43	20,00
Pyriittirikaste 4,7 m	82,67	80,26	97,7	0,43	0,42	0,49
Pyriittirikaste 8,75 m	100,0	100,0	100,0	7,88	4,19	20,01



Kuva 4-15: Pyriittiallas, 9 m profiili, imeytyminen ja haihdunta.



Kuva 4-16: Pyriittiallas, 9 m profiili, suotautuminen pohjaveteen.

Taulukko 4-9: Pyriittiallas, 9 m profiili, ulosvirtaaman, imeytymisen ja haihdunnan vuosikeskiarvot, minimi ja maksimit.

	Suotautuminen	Imeytyminen	Haihdunta
Vuosikeskiarvo	422 mm/a	681 mm/a	252 mm/a
Päivittäinen minimi	0,20 mm/d	0 mm/d	-0,20 mm/d
Päivittäinen maksimi	3,60 mm/d	29,20 mm/d	5,20 mm/d

5 Johtopäätökset ja epävarmuudet

Sotkamo Silverin rikastushiekka-altaan ja pyriittialtaan sulkemisen jälkeisiä hydrologisia ominaisuuksia mallinnettiin pylväsprofiilimallilla. Molemmat altaat mallinnettiin suunnitelmien mukaisella peittorakenteella. Lisäksi rikastushiekka-allas mallinnettiin niin, että rikastushiekan päällä on yksi peittomoreenikerros.

Rikastushiekka-altaassa mallinnetuilla suunnitelmien mukaisilla 50 cm peitemoreeni, 30 cm seulottu moreeni ja 10 cm bentoniitti kerrospaksuuksilla saavutetaan bentoniittikerroksessa 0,22–0,26, seulotun moreenin kerroksessa 0,38–0,43 ja peittomoreenikerroksessa 0,3–0,38 absoluuttinen kosteus, kun käytetään hydraulisenä johtavuutena peittomoreenille $3,33 \cdot 10^{-7}$ m/s seulotulle moreenille $1,9 \cdot 10^{-7}$ m/s ja bentoniitille $3,7 \cdot 10^{-8}$ m/s. Tämä vastaa noin 70–100 % (keskimäärin bentoniitissa 88 %, seulotussa moreenissa 88,6 % ja peittomoreenissa 90,5 %) suhteellista kosteutta, mikä katsotaan riittäväksi.

Rikastushiekka-altaassa mallinnettiin myös yksikerrospeittorakenne, jossa on 80 cm moreenia rikastushiekan päällä. Peittomoreenin hydraulisen johtavuuden ollessa $3,0 \cdot 10^{-7}$ m/s saavutettiin peittokerroksessa 72–100 % suhteellinen vesipitoisuus, mikä katsotaan riittäväksi. Herkkyystarkastelua tehtiin peittomoreenin paksuuden suhteen tekemällä mallinnus myös 50 ja 110 cm peittomoreenikerroksille. Näillä kerrospaksuuksilla ei ole suurta vaikutusta peittokerroksen suhteelliseen vesipitoisuuteen, joka on kaikilla kolmella peittorakenteella yli 70 %.

Mallinnuksessa epävarmuutta aiheuttavat a) käytetyt vedenjohtavuusparametrit, b) pohjavedenpinnan korkeus altaissa sulkemisen jälkeen ja c) roudan vaikutus suotautumiseen. Kummassakaan altaassa ei ole varmuutta, mille korkeudelle pohjavedenpinta tulee sulkemisen jälkeen asettumaan. Rikastushiekka-altaassa tehtiin herkkyystarkastelua tämän parametrin suhteen, eikä sillä ollut merkittävää vaikutusta peittorakenteen suhteelliseen vesipitoisuuteen. Moreeni- ja bentoniittipeitekerrosten hydraulisesta johtavuudesta oli saatavilla arvio. Hydrus-mallissa ei kuitenkaan pystytty asettamaan bentoniittikerroksen hydraulista johtavuutta tässä raportissa esitettyä pienemmäksi, sillä mallilaskenta ei saavuttanut lopputulosta esitettyä arvoja pienemmillä arvoilla. Myöskään suunnitelmissa olevia salaojamattoja tai HDPE-kalvoja ei pystytty asettamaan mallipylväisiin. Tässä työssä peittomateriaalien hydrauliset parametrit asetettiin niin, että mallissa ennemminkin yliarvioidaan kuin aliarvioidaan läpisuotauma suljetuissa altaissa. Routaan liittyvä epävarmuus todennäköisesti aliarvioi lumen sulannan aikaisen pintavalunnan ja siten yliarvioi suotauman pohjaveteen. Laskettu suotauma pohjaveteen on siten todennäköisesti ennemminkin liian suuri kuin liian pieni.

Mahdollisia ilmastomuutoksen vaikutuksia ei ole otettu huomioon malleissa.

6 Lähdeluettelo

Envineer 2018. Sotkamo Silver Oy. Rikastushiekka-altaan sekä rajamalmi- ja sivukivialueen sulkemissuunnitelma ja vakuuslaskelma. Raportissa Ramboll Finland Oy 2020. Sotkamo Silver Oy. Jätehuoltosuunnitelma.

ERA-Interim reanalysisin (ECMWF).

FMI, 2021, Finnish Meteorological Institute, open data weather observations,
<https://en.ilmatieteenlaitos.fi/open-data>

Rassam, D., Šimůnek, J., Mallants, D. Th. van Genuchten, M. 2018. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media: Tutorial.

J. Šimůnek, M. Šejna, H. Saito, M. Sakai, and M. Th. van Genuchten. 2012. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media

BAT-päätelmä		Toiminnan vastaavuus kaivoksella
Geneeriset päätelmät		
BAT1	Hallintajärjestelmät	Yrityksen johto on sitoutunut ympäristön kannalta vastuulliseen toimintaan myös jäte- ja sulkemisasioissa.
BAT2	Jätteen karakterisointi	Päätöksen 2009/359/EC mukainen pysyvä/ei-pysyvä jätteen määrittely on tehty rikastushiekalle BATin mukaisesti. Jätteen luokittelu sekä vaaraominaisuuksien arviointi on laadittu kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaan.
BAT3	Jätteen ominaisuuksien seuranta ja verifiointi	Ei relevantti sulkemisvaiheessa. Jätejakeita tarkkaillaan toiminnan aikana.
BAT4	Läjityspaikkavaihtoehtojen tunnistaminen	Ei relevantti sulkemisvaiheessa. Vaihtoehtoisia läjityspaikkoja on mietitty suunnitteluvaiheessa.
BAT5	Ympäristöriskien ja vaikutusten arviointi	Alustavaa riskien ja vaikutusten arviointia on tehty ja arviot tarkentuvat suunnitelmien täsmentyessä. Riskinarvion perusteella on valittu läjitysalueille soveltuvat pohja- ja peittorakenteet. Sulkemissuunnittelu on jatkuvaa työtä ja peittorakenteet tarkentuvat vaihe vaiheelta.
BAT6	Kiinteiden kaivannaisjätteiden määrän vähentäminen	Ei relevantti sulkemisvaiheessa. Sivukivi käytetään maanalaisen kaivoksen täyttöön.
BAT7	Ei-pysyvän ja vaarallisen jätteen määrän vähentäminen	Ei relevantti sulkemisvaiheessa.
Riskiperusteiset		
BAT8 BAT9	Liittyy öljy/kaasutoimialaan	Ei relevantti
BAT10	Kaivannaisjätteen uudelleenprosessointi	Nykyisellään ei ole teknis-taloudellisesti mahdollista käsitellä rikastushiekkaa raaka-aineeksi. Pyritti myydään tuotteeksi mikäli mahdollista.
BAT11	Sulkemisen huomioiva kaivossuunnittelu	Sulkemisen kustannukset on huomioitu toiminnan suunnitteluvaiheessa. Sulkemis- ja jätehuoltosuunnitelmia tullaan päivittämään viimeistään viiden vuoden päästä tai toiminnan olennaisesti muuttuessa. Sulkemissuunnittelua tarkennetaan vaiheittaisesti toiminnan edetessä. Peittorakenteiden varhainen tunnistaminen käsitellään kohdassa BAT38.
BAT12	Laadun valvonta	Peittorakenteiden rakentamistöitä valvotaan erillisen laadunvalvontasuunnitelman mukaisesti, jotta varmistutaan siitä, että peitot rakennetaan suunnitelmien mukaisesti. Rakentamistyöt sekä mahdolliset poikkeamat suunnitelmiin nähden dokumentoidaan.
BAT13	Pohjatutkimukset	Ei relevantti sulkemisvaiheessa. Rakennettaville alueille on tehty pohjatutkimukset suunnitteluvaiheessa.
BAT14 BAT15 BAT16	Padot	Padon rakennusmateriaalien (BAT14), rakennusmenetelmien (BAT15) ja korotusmenetelmien (BAT16) valinta ei ole relevanttia enää sulkemisvaiheessa vaan asiat on huomioitu suunnittelun yhteydessä. Patojen kuntoa tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa.
BAT17	Jätealueen rakenteet	Sulkemisvaiheessa ja sen jälkeen alueelle jäävien rakenteiden sekä niiden kunnon, toiminnan ja stabiliteetin tarkkailu huomioidaan osaksi toiminnan jälkeistä tarkkailusuunnitelmaa. Suunnitelmaa tullaan päivittämään ja tarkentamaan toiminnan aikana saatavan tiedon perusteella.

BAT-päätelmä		Toiminnan vastaavuus kaivoksella
BAT18 BAT21 BAT37 BAT42 BAT43 BAT45 BAT46 BAT47	Vesienhallinta	Läjitysalueiden sijoittuminen mikrovaluma-alueille sekä pinta- ja pohjavesien kulkeutumisreitit on tunnistettu sulkemissuunnitelmassa. Sulkemisen jälkeinen vesitase laaditaan hankkeen myöhemmissä vaiheissa. Toiminnanaikaista aktiivista vesienkäsittelyä käytetään myös sulkemisvaiheen aikana, kunnes huuhtoutuminen on hidastunut riittävästi.
BAT19	Patojen mitoitus	Suunnitteluvaiheessa rikastushiekka-altaalle on käytetty 1/1000 vuodessa toistuvaa mitoitustulvaa. Kohta ei ole relevantti enää sulkemisvaiheessa.
BAT20	Rikastushiekka-altaan vesienjohtaminen ja vesitaseturvallisuus	Rikastushiekka-altaan padon sisäpuolelle luiskan juureen on rakennettu sisäpuolinen salaojarakenne rikastushiekkaläjityksen kuivatusta varten. Salaojitusrakenteen avulla vähennetään padon ja pohjarakenteen kautta tapahtuvaa suotautumaa, parannetaan sisäänpäin korotuksen stabiiliteettia ja altaan sulkemisolosuhteita. Sulkemisen alkuvaiheessa pinnalle kertyvä vesi poistetaan pumppaamalla altaan keskeltä (20d). Padoille on asennettu ylivuotoputket (20j), jotka puretaan sulkemisvaiheessa.
BAT22 BAT23 BAT24	Geotekninen analyysi ja rakenteiden stabiiliteetti sekä tarkkailu	Geotekniset analyysit on laadittu suunnitteluvaiheessa. Läjitysten sulkemisen vaatimuksissa huomioidaan vakaus. Sulkemisen jälkeiseen tarkkailusuunnitelmaan määritellään käytäntö mm. rikastushiekka-altaan patojen stabiiliteetin seurannalle
BAT25 BAT26	Liittyy maanalaiseen kaivostoimintaan ja kaivannaisjätteiden maanalaiseen sijoittamiseen	Sivukivi käytetään maanalaisen kaivoksen täyttöön.
BAT27 BAT28 BAT29	Liittyy läjityksen suunnitteluun ja operatiiviseen toimintaan	Ei relevantti sulkemisvaiheessa.
BAT30	Liittyy erityisen alkaiseen kaivannaisjätteeseen	Ei relevantti.
BAT31 BAT35 BAT38 BAT54	Kemiallinen stabiiliteetti ja happaman valuman ehkäisy	Mahdollisesti happoa tuottavat kaivannaisjätteet on tunnistettu suunnitteluvaiheessa, mahdolliset valuma/suotaumavedet on otettu huomioon esim. tiivisrakenteilla. Tiivisrakenne on lupapäätöksen nro 56/2018/1 mukainen eli patoluiskassa on bentoniittimaton ja HDPE-kalvon yhdistelmä (BAT 35b) sekä pohjassa luontainen tai rakennettu tiivisturverkerros (BAT 35a). Sulkemissuunnitelmassa valitaan riskinarvion perusteella läjitysalueille soveltuvat peittorakenteet.
BAT32	Liittyy itsestäänsyttymisriskin omaaviin jätteisiin	Pyriitin mahdollinen hapettuminen on eksotermisen reaktio. Paljon rikkiä sisältävä yhdiste voi täten olla myös itsesytyvää. Pyriitin syttyvyyttä ei ole tutkittu, mutta tämä mahdollisuus tulee ottaa huomioon pyriittiä varastotaessa. Talvikaudella lumi ja jää voivat estää tilanteen kehittymistä estäen hapen kulun. Sulkemistoimenpiteillä riski minimoidaan tehokkaasti toiminnan jälkeen.
BAT33 BAT34	Syanidin hajoaminen sekä öljy- ja kaasuteollisuus	Ei relevantti.



Sotkamo Silver Oy

Kaivosalueen sulkemisen vakuusarvio

31.3.2022

Vakuuslaskenta, koostesivu		
	Kustannus € ALV 0%	Kustannus € ALV 24%
Rikastushiekka-allas (A=200 000 m2)	1 460 000	1 810 400
Pyriittiallas (A=10 000 m2)	215 500	267 220
Sivukivi- ja rajamalmialue	175 000	217 000
Malmin välivarasto- ja esirikastusalue	77 000	95 480
Tarkkailut	433 500	537 540
Kunnossapito ja vesienhallinta	1 018 000	1 262 320
Projektikustannus, 15 % * altaiden vakuus	251 325	311 643
PIMA-kunnostus	40 323	50 000

	Kustannus € ALV 0%	Kustannus € ALV 24%
Yhteensä	3 670 648	4 551 603

Yksikkökustannus		
Rikastushiekka-allas, kustannus €/m2	7,3	9,1
Pyriittiallas, kustannus €/m2	21,6	26,7

Ei sisällä kaivosvakuuden piiriin kuuluvia sulkemiskustannuksia

InfraRYL	Rikastushiekka-allas (A=200 000 m ²)	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä €
1141	Läjituksen osittainen muotoilu ja tasaus	m2tr	200 000	2	400 000
1811,1	Peittomoreenikerros, 800 mm	m3ktr	160 000	6	960 000
	Kasvittaminen	m2tr	200 000	0,5	100 000
Yht.					1 460 000

InfraRYL	Pyriittiallas (A=10 000 m ²)	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä €
1423	HDPE-kalvo 1,5 mm + bentoniittimatto (sis. Asennus)	m2tr	10 000	11,00	110 000
	Salaojamatto (sis. Asennus)	m2tr	10 000	4,50	45 000
1811,1	Seulottu moreenikerros, 300 mm	m3tr	3 000	6,50	19 500
1811,1	Peittomoreenikerros, 600 mm	m3ktr	6 000	6,00	36 000
	Kasvittaminen	m2tr	10 000	0,5	5 000
Yht.					215 500

Yht. €	1 675 500
Yht. € +ALV 24%	2 077 620

Yksikköhintatietoja on haettu Fore-ohjelmistosta (infrakustannusten laskentamenetelmä) sekä Sotkamo Silverin toteutuneiden rakentamiskustannusten mukaan huomioiden mahd.

Oletettu moreenin kuljetusetäisyys alle 5 km.

Sivukivialue (A=25 000 m ²)	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä €
Sivukiven poisto, alueen siistiminen ja kasvittaminen	m2tr	25 000	7	175 000
			Yht.	175 000

Malmin välivarasto ja esirikastusalue (A=11 000 m ²)	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä €
Malmin poisto, alueen siistiminen ja kasvittaminen	m2tr	11 000	7	77 000
			Yht.	77 000

Yht. €	252 000
Yht. € +ALV 24%	312 480

Yksikköhintana käytetty lupapäätöksen (PSAVI/5663/2018) mukaista hintaa 7 €/m2

Tarkkailu, vuodet 1-5 sulkemisen jälkeen				
	Tarkkailu- pisteet	Kierrokset	Näytteet	Kustannus
	kpl	kpl	kpl	€ (ALV 0 %)
Päästötarkkailu	2	30	60	20 000 €
Vaikutustarkkailu, pintavedet	4	30	120	43 000 €
Vaikutustarkkailu, pohjavedet	6	20	120	42 000 €
Pohjasedimentti	3	1	3	4 000 €
Pohjaeläimet	3	1	3	4 000 €
Vesisammalet	3	1	3	2 000 €
Verkkokoekalastus		1	1	8 000 €
Kalastustiedustelu		1	1	4 000 €
Sähkökoekalastus		1	1	3 000 €
Kalojen metallipitoisuudet		1	1	2 000 €
Sammalet		1	1	7 000 €
Sienet, marjat		1	1	7 000 €
Muurahaiset		1	1	7 000 €
Neulaset		1	1	7 000 €
Raportointi		5		60 000 €
ELYn valvonta		5		10 000 €

Yht. €	230 000
Yht. € +ALV 24%	285 200

Tarkkailu, vuodet 6-30 sulkemisen jälkeen				
	Tarkkailu- pisteet	Kierrokset	Näytteet	Kustannus
	kpl	kpl	kpl	€ (ALV 0 %)
Alueelta lähtevä vesi	2	25	50	14 000 €
Vaikutustarkkailu, pintavedet	3	25	75	27 000 €
Vaikutustarkkailu, pohjavedet	5	20	100	35 000 €
Pohjaeläimet	2	1	2	2 500 €
Verkkokoekalastus		1		8 000 €
Kalojen metallipitoisuudet		1		2 000 €
Kasvillisuusseuranta (kasvittuminen)		1		10 000 €
Raportointi		25		75 000 €
ELYn valvonta		25		30 000 €

Yht. €	203 500
Yht. € +ALV 24%	252 340

Sulkemisvaiheen vesienhallinta		
	Aikajakso	Kustannus
	kpl	€ (ALV 0 %)
Vesienkäsittely*	Vuodet 1-5 sulkemisesta	250 000 €
Selkeytysaltaiden ruoppaukset ja purku		100 000 €
Puhdistamo**	Lunastushinta vuoden 2022 lopussa	580 000 €

Yht. €	930 000
Yht. € +ALV 24%	1 153 200

*) Pumppaus, energiankulutus, käyttö & ylläpito. Arvio on varovaisuusperiaatteen mukainen

**) Lunastushinta on vuokravastuun suuruinen ja vakuus päivitetään tältä osin vuosittain, mikäli hakija lunastaa puhdistamon itselleen, vakuus vapautetaan

Kunnossapito		
	Aikajakso	Kustannus
	kpl	€ (ALV 0 %)
Peiton ja ojaston kunnostustyöt	Vuodet 6-10 sulkemisesta	50 000 €
Tienpito jälkihoidon aikana	Vuodet 1-5 sulkemisesta	24 000 €
Tienpito (tarkkailtavat alueet)	Vuodet 6-10 sulkemisesta	10 000 €
Tienpito (tarkkailtavat alueet)	Vuodet 11-30 sulkemisesta	4 000 €

Yht. €	88 000
Yht. € +ALV 24%	109 120

Oletus: tarkkailua ja huoltoa varten aurattava 10 km.



Sotkamo Silver Oy

Kaivosalueen sulkemisen vakuusarvio

31.3.2022

Vakuuslaskenta, koostesivu		
	Kustannus € ALV 0%	Kustannus € ALV 24%
Rikastushiekka-allas (A=200 000 m2)	1 460 000	1 810 400
Pyriittiallas (A=10 000 m2)	215 500	267 220
Sivukivi- ja rajamalmialue	175 000	217 000
Malmin välivarasto- ja esirikastusalue	77 000	95 480
Tarkkailut	433 500	537 540
Kunnossapito ja vesienhallinta	1 018 000	1 262 320
Projektikustannus, 15 % * altainen vakuus	251 325	311 643
PIMA-kunnostus	40 323	50 000

	Kustannus € ALV 0%	Kustannus € ALV 24%
Yhteensä	3 670 648	4 551 603

Yksikkökustannus		
Rikastushiekka-allas, kustannus €/m2	7,3	9,1
Pyriittiallas, kustannus €/m2	21,6	26,7

Ei sisällä kaivosvakuuden piiriin kuuluvia sulkemiskustannuksia

InfraRYL	Rikastushiekka-allas (A=200 000 m ²)	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä €
1141	Läjituksen osittainen muotoilu ja tasaus	m2tr	200 000	2	400 000
1811,1	Peittomoreenikerros, 800 mm	m3ktr	160 000	6	960 000
	Kasvittaminen	m2tr	200 000	0,5	100 000
Yht.					1 460 000

InfraRYL	Pyriittiallas (A=10 000 m ²)	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä €
1423	HDPE-kalvo 1,5 mm + bentoniittimatto (sis. Asennus)	m2tr	10 000	11,00	110 000
	Salaojamatto (sis. Asennus)	m2tr	10 000	4,50	45 000
1811,1	Seulottu moreenikerros, 300 mm	m3tr	3 000	6,50	19 500
1811,1	Peittomoreenikerros, 600 mm	m3ktr	6 000	6,00	36 000
	Kasvittaminen	m2tr	10 000	0,5	5 000
Yht.					215 500

Yht. €	1 675 500
Yht. € +ALV 24%	2 077 620

Yksikköhintatietoja on haettu Fore-ohjelmistosta (infrakustannusten laskentamenetelmä) sekä Sotkamo Silverin toteutuneiden rakentamiskustannusten mukaan huomioiden mahd.

Oletettu moreenin kuljetusetäisyys alle 5 km.

Sivukivialue (A=25 000 m ²)	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä €
Sivukiven poisto, alueen siistiminen ja kasvittaminen	m2tr	25 000	7	175 000
			Yht.	175 000

Malmin välivarasto ja esirikastusalue (A=11 000 m ²)	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä €
Malmin poisto, alueen siistiminen ja kasvittaminen	m2tr	11 000	7	77 000
			Yht.	77 000

Yht. €	252 000
Yht. € +ALV 24%	312 480

Yksikköhintana käytetty lupapäätöksen (PSAVI/5663/2018) mukaista hintaa 7 €/m2

Tarkkailu, vuodet 1-5 sulkemisen jälkeen				
	Tarkkailu- pisteet	Kierrokset	Näytteet	Kustannus
	kpl	kpl	kpl	€ (ALV 0 %)
Päästötarkkailu	2	30	60	20 000 €
Vaikutustarkkailu, pintavedet	4	30	120	43 000 €
Vaikutustarkkailu, pohjavedet	6	20	120	42 000 €
Pohjasedimentti	3	1	3	4 000 €
Pohjaeläimet	3	1	3	4 000 €
Vesisammalet	3	1	3	2 000 €
Verkkokoekalastus		1	1	8 000 €
Kalastustiedustelu		1	1	4 000 €
Sähkökoekalastus		1	1	3 000 €
Kalojen metallipitoisuudet		1	1	2 000 €
Sammalet		1	1	7 000 €
Sienet, marjat		1	1	7 000 €
Muurahaiset		1	1	7 000 €
Neulaset		1	1	7 000 €
Raportointi		5		60 000 €
ELYn valvonta		5		10 000 €

Yht. €	230 000
Yht. € +ALV 24%	285 200

Tarkkailu, vuodet 6-30 sulkemisen jälkeen				
	Tarkkailu- pisteet	Kierrokset	Näytteet	Kustannus
	kpl	kpl	kpl	€ (ALV 0 %)
Alueelta lähtevä vesi	2	25	50	14 000 €
Vaikutustarkkailu, pintavedet	3	25	75	27 000 €
Vaikutustarkkailu, pohjavedet	5	20	100	35 000 €
Pohjaeläimet	2	1	2	2 500 €
Verkkokoekalastus		1		8 000 €
Kalojen metallipitoisuudet		1		2 000 €
Kasvillisuusseuranta (kasvittuminen)		1		10 000 €
Raportointi		25		75 000 €
ELYn valvonta		25		30 000 €

Yht. €	203 500
Yht. € +ALV 24%	252 340

Sulkemisvaiheen vesienhallinta		
	Aikajakso	Kustannus
	kpl	€ (ALV 0 %)
Vesienkäsittely*	Vuodet 1-5 sulkemisesta	250 000 €
Selkeytysaltaiden ruoppaukset ja purku		100 000 €
Puhdistamo**	Lunastushinta vuoden 2022 lopussa	580 000 €

Yht. €	930 000
Yht. € +ALV 24%	1 153 200

*) Pumppaus, energiankulutus, käyttö & ylläpito. Arvio on varovaisuusperiaatteen mukainen

**) Lunastushinta on vuokravastuun suuruinen ja vakuus päivitetään tältä osin vuosittain, mikäli hakija lunastaa puhdistamon itselleen, vakuus vapautetaan

Kunnossapito		
	Aikajakso	Kustannus
	kpl	€ (ALV 0 %)
Peiton ja ojaston kunnostustyöt	Vuodet 6-10 sulkemisesta	50 000 €
Tienpito jälkihoidon aikana	Vuodet 1-5 sulkemisesta	24 000 €
Tienpito (tarkkailtavat alueet)	Vuodet 6-10 sulkemisesta	10 000 €
Tienpito (tarkkailtavat alueet)	Vuodet 11-30 sulkemisesta	4 000 €

Yht. €	88 000
Yht. € +ALV 24%	109 120

Oletus: tarkkailua ja huoltoa varten aurattava 10 km.