



Suhangon kaivoshankkeen purkuputki

Ympäristövaikutusten arviointiselostus

Tuotantovaiheen aluevesitase- ja
kuormataseraportti

Asiakas: Suhanko Arctic Platinum Oy

Projektinnumero: 10105653-001

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljittää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101015653-001

Kannen kuva: © AFRY

Päivämäärä 15.8.2022

Versio 2.0

Suhanko Arctic Platinum Oy

Suhangon kaivoshankkeen purkuputki

Ympäristövaikutusten arviointiselostus

Tuotantovaiheen aluevesitase- ja kuormataseraportti



Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	5
1.1	Lyhyesti hankkeesta	5
1.2	Tämä raportti	5
2	KAIVOKSEN TUOTANTOVAIHEEN VESIKIERRON KUVAUS	6
3	TUOTANTOVAIHEEN VESITASE	8
3.1	Vesitasemalli	8
3.1.1	Käytetty malli ja mallinnusohjelma	8
3.1.2	Vesitaseen tarkastelutilanteet	8
3.2	Mallinnuksen lähtötiedot	9
3.2.1	Meteorologinen havaintoaineisto	9
3.2.1.1	Käytetty havaintoaineisto ja aineiston käsittely	9
3.2.1.2	Lämpötila ja sadanta	9
3.2.1.3	Haihdunta	11
3.2.1.4	Lumi ja valunnan muodostuminen	11
3.2.1.5	Ilmastonmuutos	13
3.2.1.6	Ilmastonmuutoksesta yleisesti	13
3.2.1.7	Ilmastonmuutos Ranualla	14
3.2.1.8	Ilmastonmuutosskenaarion mallinnus	16
3.2.2	Pinta-alat	16
3.2.3	Rikastamon vesitase	17
3.2.3.1	Tuotantosuunnitelma	17
3.2.3.2	Malmin mukana tuleva ja rikasteessa lähtevä vesi	17
3.2.3.3	Rikastushiekan mukana lähtevä ja rikastushiekkaan pidättyvä vesi	17
3.2.3.4	Raakavedenotto	17
3.2.4	Kaivoksen kuivatusvesimäärä	18
3.2.5	Turpeeseen sitoutuneen veden vapautuminen	20
3.3	Mallinnuksen tulokset	21
3.3.1	Tarkastelutilanne 1 – Keskimääräinen tilanne	21
3.3.1.1	Tarkastelutilanteen kuvaus	21
3.3.1.2	Vuositasen nettovesimäärä	21
3.3.2	Tarkastelutilanne 2 – Poikkeuksellisen kuivat ja sateiset vuodet	22
3.3.2.1	Tarkastelutilanteen kuvaus	22



3.3.2.2	Vaikutus tuotantovaiheen vuosinettovesitaseeseen	22
3.3.3	Tarkastelutilanne 3 – Mallinnus vuosien 1998–2020 toteutuneella sadannalla	23
3.3.3.1	Tarkastelutilanteen kuvaus.....	23
3.3.3.2	Vaikutus tuotantovaiheen vuosinettovesitaseeseen	24
3.3.4	Yhteenveto purkuvesimääristä	25
3.3.5	Yhteenveto raakavedenottomääristä.....	28
4	KUORMATASE	29
4.1	Huomioita kuormataseesta.....	29
4.2	Vesilaatuarviot	29
4.3	Mallinnettu vesivarastoaltaan veden laatu ennen käsittelyä	33
4.4	Lähtevän veden käsittely	34
4.4.1	Vedenkäsittelytarve.....	34
4.4.2	Prosessin kuvaus	34
4.4.3	Prosessin puhdistusteho.....	36
4.4.4	Vesienkäsittelykemikaalit	36
4.5	Kuormitus purkuputken kautta Kemijokeen	37
4.6	Kemikaalijäämät.....	40
5	EPÄVARMUUDEN TARKASTELU.....	43
5.1	Oletukset ja yleistyksset	43
5.2	Herkkyystarkastelu	45
5.2.1	Yleisesti vesitasemallin herkkyydestä.....	45
5.2.2	Herkkyystarkastelun periaatteet	45
5.2.3	Vuosinettovesimäärä	45
5.2.4	Tuotantovuoden 2 vuosinettotaseen herkkyyden tarkastelu	46
5.2.5	Tuotantovuoden 13 vuosinettotaseen herkkyyden tarkastelu	49
5.2.6	Kuormataseen herkkyyden tarkastelu.....	50
6	ARVIO MALLIN TULOSTEN SOVELTUVUUDESTA.....	51
7	VIITTEET.....	52

Liitteet

- Liite 1 Aluevesitasemallinnuksessa käytetyt kaivostoimintojen pinta-
alat (101015653-E0003)
- Liite 2 Vesitaseen tarkastelutilanne 1 – Vuosinettovesitaseen havainne-
kuva (101015653-E0005)
- Liite 3 Mallinnetut vesistöön kohdistuvat kuormitukset tuotantovuosina
2-13 (101015653-E0006)
- Liite 4 Suotovesilaadut - mallinnusraportti (101015653-E0007)

Raportointihistoria

Versio	Kuvaus	Päivämäärä
1.0	Alkuperäinen raportti	15.2.2022
2.0	Päivitys kappaleeseen 3.2.1.8	15.8.2022

1 JOHDANTO

1.1 Lyhyesti hankkeesta

Tämä raportti on osa Suhangon kaivoshankkeen purkuputken ympäristövaikutusten arviointiselostusta. Suhangon kaivoshankkeen voimassa olevan ympäristö- ja vesitalousluvan (myönnetty 7.12.2005) mukaisesti kaivoksen purkuvedet johdettaisiin pienempiä uomia pitkin Kemijokeen. Luvan myöntämisen jälkeen alan käytännöt ja vaatimukset ovat kuitenkin muuttuneet; tärkeään rooliin ovat nousseet mm. purkuvesien vaikutukset alapuolisen vesistön ekologiseen ja kemialliseen tilaan. Tästä syystä hankkeesta vastaavana toimijana Suhanko Arctic Platinum Oy suunnittelee nyt poistovesien aiempaa tehokkaampaa käsittelytapaa ennen ylimäärävesien poisjohtamista kaivosalueelta sekä purkuputken rakentamista Kemijokeen. Purkuputkihankkeen osalta on käynnistetty YVA-lain (252/2017) ja -asetuksen (277/2017) mukainen YVA-menettely.

Suhangon alueen tärkein kaivannainen ja päätuote on palladium, jota käytetään pääasiallisesti autojen pakokaasupäästöjen hallintaan kehitettyjen katalysaattoreiden valmistukseen. Näin ollen palladiumilla on merkittävä rooli liikennepäästöjen pienentämisessä yhä kasvavien ympäristövaatimuksien mukaisiksi. Kaivoshankealueella esiintyy palladiumin lisäksi myös platinaa, kuparia, nikkeliä ja kultaa. Esiintymät sijaitsevat Ranualla, aivan Tervolan kunnan rajalla, 45 kilometriä Rovaniemen eteläpuolella.

1.2 Tämä raportti

Tässä raportissa esitetään hankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostusvaiheeseen laaditut tuotantovaiheen aluevesitase- ja kuormitustasemalli. Mallinnuksen tavoitteena on kuvata kaivostoimintojen vesitase ja kuormitukset vesistöön huomioiden alueelle suunnitellut toiminnot ja rakenteet, tuotantosuunnitelma, alueen hydrogeologia sekä alueen ilmasto ja sen vaihtelut.

Kaivosalueen aluevesitaseella tai kokonaisvesitaseella tarkoitetaan kaivoksen osakohteiden yhteistä tasetta, jossa osakohteiden sisäiset ja niiden väliset virrat on huomioitu. Kaivoksen kokonaisvesitase muodostuu täten tässä kohteessa rikastusprosessin, louhosten, rikastushiekan läjitysalueen, sivukiven läjitysalueiden, malmin välivarastoalueiden, vesialtaiden sekä aluekuivatusrakenteiden ja -järjestelmien taseista.

Työn tausta, tarkoitus ja sisältö esitellään luvussa 1. Luvussa 2 kuvataan kaivoksen tuotantovaiheelle suunniteltu vesikierto ja vesienhallinnan periaatteet ja luvussa 3 esitetään tuotantovaiheen vesitasemallin laatimisen perusteet ja tulokset. Luku 4 keskittyy kuormataseen mallintamiseen ja tuloksiin. Luvussa 5 on esitetty mallin epävarmuuden tarkastelu ja herkkyyštarkastelun tulokset

ja luvussa 6 annetaan vielä erillinen lausunto ja arvio mallin tulosten soveltuvuudesta. Lähdeluettelo on raportin lopussa lukuna 7.

2 KAIVOKSEN TUOTANTOVAIHEEN VESIKIERRON KUVAUS

Kaivoksen tuotantovaiheen yleinen vesikiertokaavio on esitetty kuvassa 2-1. Kuvassa ruskea väri kuvaa kiintoaineen mukana liikkuvaa vettä ja sininen väri vesijakeita, joissa ei ole mukana merkittävää kiintoaine-epäpuhtautta. Vesikiertokaavio toimii tuotantovaiheen aluevesitase- ja kuormitustasemallin perustana. Eri osa-alueet ovat rikastushiekka-alue, avolouhokset (Konttijärvi ja Ahmavaara), Konttijärven sivukivialueet (tavanomaisen sivukiven läjitysalue ja rikki-pitoisen sivukiven läjitysalue), Ahmavaaran sivukivialueet (tavanomaisen sivukiven läjitysalue ja rikki-pitoisen sivukiven läjitysalue), marginaalimalmin läjitysalueet (erikseen kullekin louhokselle), rikastamoalue ja vesivarastoallas. Toimintojen suunniteltu sijoittuminen on esitetty kuvassa 2-2.

Tämän hetken hankesuunnitelmaan kuuluu Konttijärven ja Ahmavaaran louhosten lisäksi Suhanko-Pohjoinen avolouhos, joka tulee osaksi tuotantosuunnitelmaa tuotantovuonna 13. Vaikka voimassa oleva ympäristö- ja vesitalouslupa koskee vain Konttijärven ja Ahmavaaran louhoksia, Suhanko-Pohjoisen toiminnat on kuvattu osana tätä vesitasemallinnusraporttia. Suhanko-Pohjoisen kaivostoimintoihin liittyvät vesienhallinnan osa-alueet ovat avolouhos (Suhanko-Pohjoinen), sivukivialueet (tavanomaisen sivukiven läjitysalue ja rikki-pitoisen sivukiven läjitysalue) ja marginaalimalmin läjitysalue.

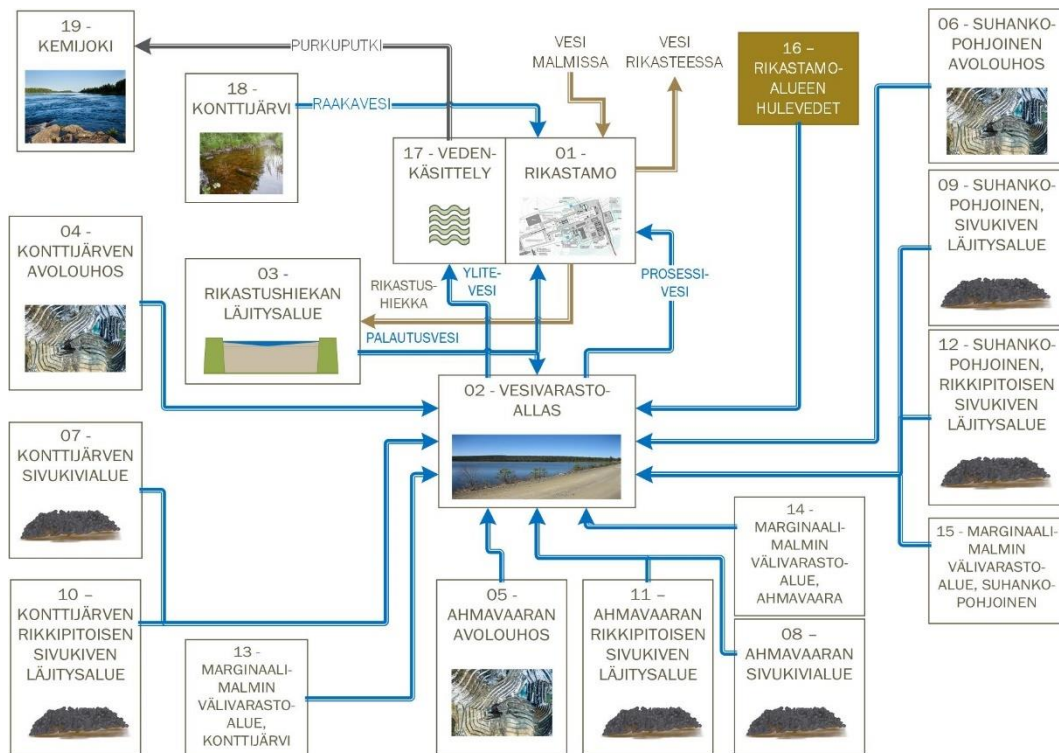
Rikastamon raakavesi otetaan Konttijärvestä. Raakavedenotto pyritään minimoimaan ja vettä kierrätetään kaivoksen vesikiertoissa niin paljon kuin mahdollista. Raakaveden lisäksi rikastamo syötetään vesivarastoaltaasta otettavalla kierrätysvedellä sekä rikastushiekka-altaalta kierrätettävällä vedellä. Kaikkien toimintojen alueilta tulevat valumavedet kerätään ja otetaan osaksi kaivoksen vesikiertoa. Toimintojen ulkopuoliset puhtaat vedet pidetään erillään toiminnan vaikuttamista vesistä.

Sakeutettu rikastushiekka pumpataan rikastushiekka-alueelle. Rikastushiekka-alueella osa rikastushiekan mukana syötettävästä vedestä pidättyy rikastushiekkaan. Rikastushiekka-alue varustetaan ulkopuolisilla suotoveden keruuojilla, jotka keräävät suurimman osan altaalta suotautuvasta vedestä ja joiden vesi pumpataan takaisin rikastushiekka-alueelle. Rikastushiekka-alue sijaitsee osittain luonnonturvealueella ja on oletettavaa, että turpeeseen pidättynyt vesi vapautuu läjityksen aikana rikastushiekka-alueelle. Rikastushiekka-alueen ylitevesi pumpataan joko kierrätysvetenä takaisin prosessiin tai vesivarastoaltaaseen.

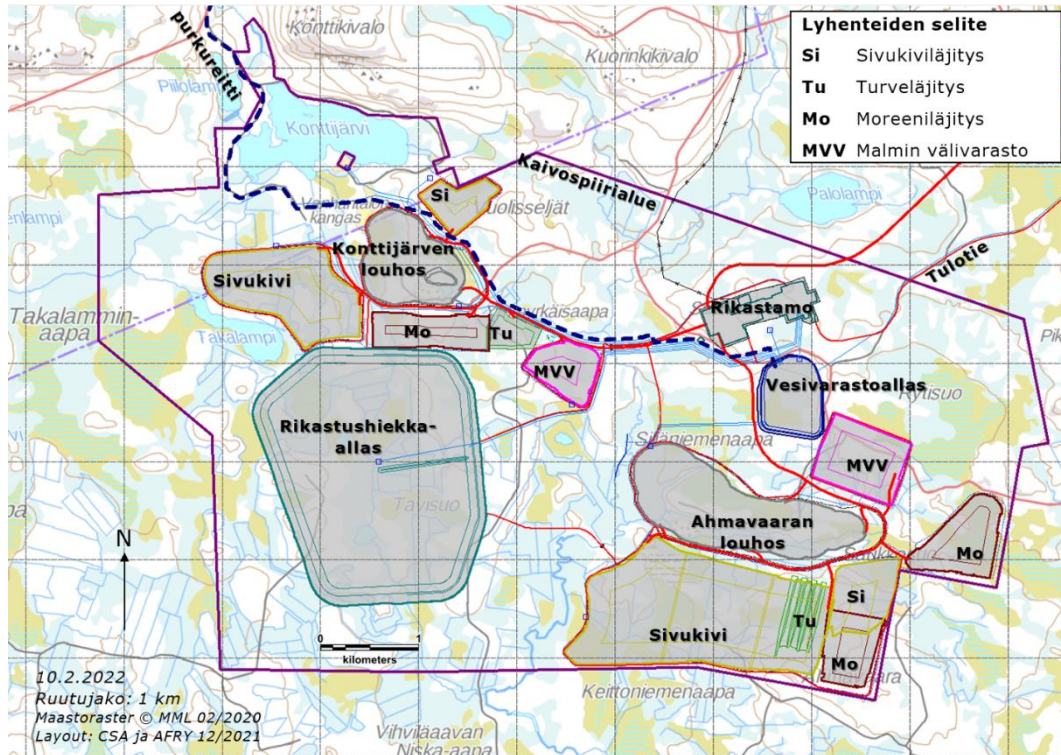
Louhosten kuivatusvesi pumpataan pumppauskuopista maanpinnalle, jossa ne puretaan öljyn- ja hiekanerotusaltaisiin. Näistä altaista vesi pumpataan edelleen vesivarastoaltaaseen. Samaan altaaseen johdetaan myös sivukivialueiden reuna- ja kerätyt sivukivialueiden suoto- ja valumavedet sekä rikastamoalueen hulevedet.

Vesivarastoaltaassa kaivosveden mahdollisesti sisältämä kiintoaine laskeutuu. Vesivarastoaltaasta vedet johdetaan joko rikastamolle prosessivedeksi tai ne pumpataan ylitevetenä käsittelyn kautta Kemijokeen johtavaan purkupuutkeen.

Pintamaiden eli moreenin ja turpeen läjitysalueiden vesiä ei kerätä kaivoksen vesikiertoon, vaan vedet hallitaan paikallisesti ja puretaan ympäristöön valuma-alueellaan.



Kuva 2-1. Tuotantovaiheen vesikiertokaavio.



Kuva 2-2. Kaivosalueelle suunnitellut toiminnot.

3 TUOTANTOVAIHEEN VESITASE

3.1 Vesitasemalli

3.1.1 Käytetty malli ja mallinnusohjelma

Hankkeen vesitaseen mallinnuksessa on käytetty dynaamista kuukausitasolle laadittua Excel-mallia.

Excel-mallilla on mallinnettu tässä raportissa kohdassa 3.1.2 kuvatut eri tarkastelutilanteet. Excel-malli on laadittu koko kaivoksen tuotantovaiheen yli. Malliin on syötetty tiedot toimintojen pinta-aloista, prosessin vedenkulutuksesta ja rikastushiekkamäärästä annetun tuotantosuunnitelman mukaan, louhosten kuivatusvesimäärästä, sekä alueen sadanta-, haihdunta- ja valuntatiedot. Laaditun mallin tarkoituksena on ensisijaisesti määrittää toimintojen tuotantovaiheen purkuvesimäärät ja kuormitukset. Lisäksi mallin avulla arvioidaan raakavedenottotarvetta sekä vesivarastotilavuuden riittävyttä.

3.1.2 Vesitaseen tarkastelutilanteet

Tarkastelutilanteet on esitetty taulukossa 3-1. Tarkastelutilanne 1 kuvaa kaivoksen elinkaaren keskimääräistä vesitaloustilannetta nykyisen

tuotantosuunnitelman mukaisesti. Tarkastelutilanne 2 kuvaa poikkeuksellisen kuivien tai sateisten vuosien vaikutusta kaivoksen vesitaseeseen. Tarkastelutilanteessa 3 malli on ajettu vuosien 1998–2020 toteutuneilla sadanta-arvoilla, jotta nähdään todellisten vuosien vaihtelevuuden vaikutus keskimääräisen tilanteen taseeseen verrattuna. Kuormatase on mallinnettu ainoastaan tarkastelutilanteelle 1.

Taulukko 3-1. Vesitasemallinnuksen tarkastelutilanteet.

Tarkastelutilanne	Sadantaskenaario
1	Keskimääräinen vuosisadanta
2	Poikkeuksellinen sadanta <ul style="list-style-type: none">- Poikkeuksellisen kuiva 1/20- Poikkeuksellisen märkä 1/20- Äärimmäisen kuiva 1/100- Äärimmäisen märkä 1/100
3	Vuosien 1998–2020 toteutunut sadanta

3.2 Mallinnuksen lähtötiedot

3.2.1 Meteorologinen havaintoaineisto

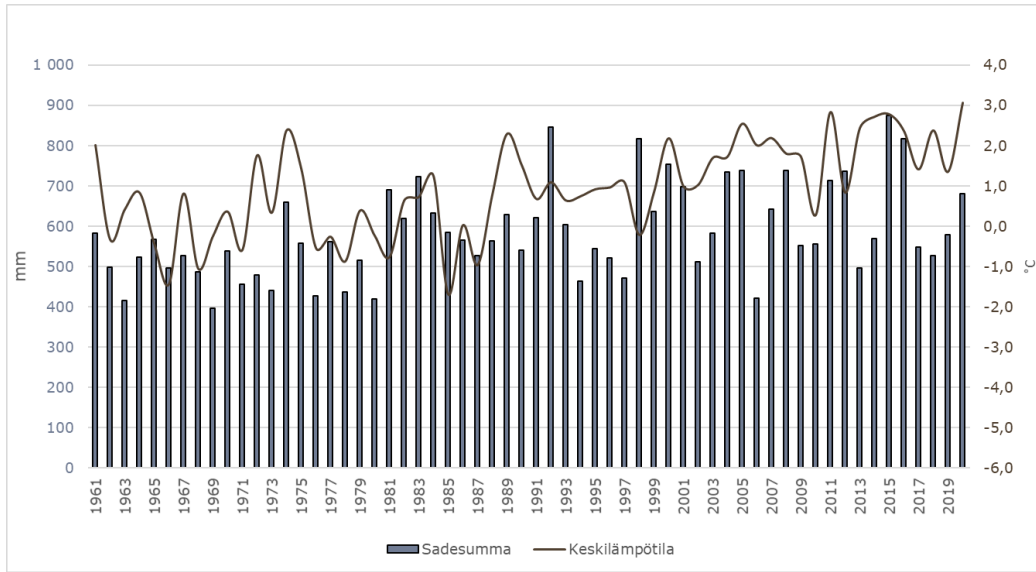
3.2.1.1 Käytetty havaintoaineisto ja aineiston käsittely

Sadannan ja lämpötilan osalta meteorologinen havaintoaineisto on haettu Ilmatieteen laitoksen tietokannoista Rovaniemen lentoaseman havaintoasemalta (asemakoodi 101920). Tässä raportissa haettu aineisto on esitetty vuodesta 1961 alkaen. (Ilmatieteen laitos, 2021)

Lisäksi haihdunnan ja valunnan jakautumisen arvioinnissa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen mallintamaa tietoa valuma-alueelle 64.082 (Ruonajoen yläosan valuma-alue). (Suomen ympäristökeskus, 2021)

3.2.1.2 Lämpötila ja sadanta

Kuvassa 3-1 on esitetty vuosisadesumma Rovaniemen lentoaseman havaintoasemalla vuosina 1961–2020. Lisäksi samassa kuvassa on esitetty havaintoasemalla mitattu vuorokauden keskilämpötila samalla ajanjaksolla.



Kuva 3-1. Vuosisadesumma ja vuoden keskilämpötila vuosina 1961–2020 Rovaniemen lentoaseman havaintoasemalla.

Taulukkoon 3-2 on koottu edellä mainitusta aineistosta määritetyt vuosisadesumman ja keskilämpötilan arvot koko aikavälille ja erikseen 10 vuoden aikaväleille. Vuosisadesummien keskiarvo on aikavälillä 1961–2020 ollut 584 mm/vuosi. Viimeisen kolmenkymmenen vuoden (1991–2020) vuosisadesummien keskiarvo on ollut 633 mm/vuosi. Vuoden keskilämpötila on aikavälillä 1961–2020 ollut +0,9°C ja vuosina 1991–2020 vastaavasti +1,6°C. Vuosisadesumma on ollut havaintojaksolla enimmillään 874 mm (2015) ja pienimmillään 396 mm (1969).

Taulukko 3-2. Keskimääräinen vuosisadesumma ja keskilämpötila koko havaintojaksolle 1961–2020, nykyistä ilmastoa kuvaavalle jaksolle 1991–2020 sekä erikseen 10 vuoden aikaväleille.

Aikaväli	Vuosisadesumma (mm)	Keskimääräinen lämpötila (°C)
1961-1970	503	0,1
1971-1980	495	0,4
1981-1990	608	0,4
1991-2000	628	0,9
2001-2010	618	1,6
2011-2020	654	2,2
1961-2020	584	0,9
1991-2020	633	1,6

Vuosisadannalle on tehty jakaumasovitus @Risk -ohjelmalla ja vuosisadannan on todettu noudattavat hyvin sekä normaalijakaumaa että logaritmista normaalijakaumaa. Logaritminen normaalijakauma huomioi kuitenkin jakauman viinonuman, joten tässä yhteydessä päädyttiin käyttämään kyseistä jakaumaa.

Logaritmisen normaalijakauman mukaiset vuosisadannan toistuvuudet on esitetty taulukossa 3-3. Analyysin mukaan kerran 20 vuodessa tapahtuva vuosisadanta olisi kuivana vuonna 459 mm ja äärimmäisen sateisena vuonna 854 mm. Kerran 100 vuodessa tapahtuva vuosisadanta olisi kuivana vuonna 413 mm ja äärimmäisen sateisena vuonna 992 mm. Aineistona analyysissä on käytetty viimeisen 30 vuoden havaittua aineistoa aikaväliltä 1991–2020.

Taulukko 3-3. Vuosisadesumman logaritmisen normaalijakauman mukaiset toistuvuudet, kun lähtöaineistona on käytetty vuosien 1991–2020 mitattuja vuosisadesummia Rovaniemen lentoaseman havaintoasemalta.

Alitustodennäköisyys	Toistumisväli vuosina	Vuosisadanta (mm)
0,002	500	382
0,005	200	399
0,010	100	413
0,020	50	431
0,050	20	459
0,100	10	487
0,200	5	525
0,500	Moodi (tyyppi-arvo)	612
0,800	5	722
0,900	10	791
0,950	20	854
0,980	50	934
0,990	100	992
0,995	200	1049
0,998	500	1 123

3.2.1.3 Haihdunta

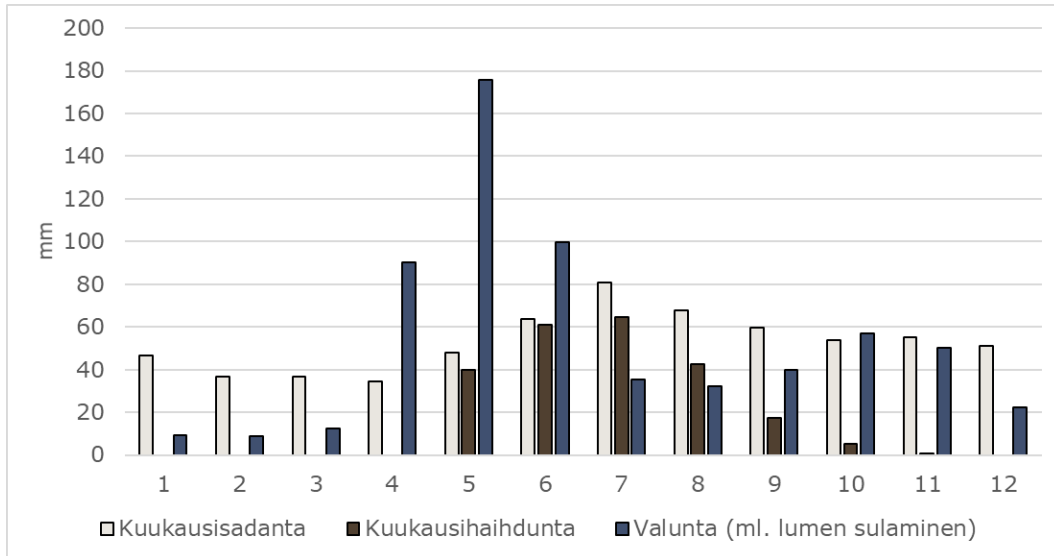
Haihdunnan osalta vesitasemallissa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen mallintamaa tietoa Ruonaojan yläosan valuma-alueelle 64.082 (Suomen ympäristökeskus, 2021). Kyseisen valuma-alueen mallinnettu vuosihaihdunta on aikavälille 1991–2020 määritettynä 237 mm. Keskimääräisen kuukausihaihdunnan arvot on esitetty kuvassa 3-2.

Valuma-alueen 64.082 mallinnettuja haihdunta-arvoja on aluevesitasemallissa käytetty haihdunta-arvona sellaisenaan avoimien vesipintojen alueille eli vesialtaille ja rikastushiekka-alueelle. Sivukivialueille sekä rikastamoalueelle on mallissa käytetty haihdunnan korjauskerrointa 0,5.

3.2.1.4 Lumi ja valunnan muodostuminen

Valunnan jakautumisen osalta vesitasemallissa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen mallintamaa tietoa Ruonaojan yläosan valuma-alueelle 64.082

(Suomen ympäristökeskus, 2021). Mallissa käytetyt kuukausitason sadanta-, haihdunta- ja valunta-arvot on esitetty kuvassa 3-2 ja taulukossa 3-4.

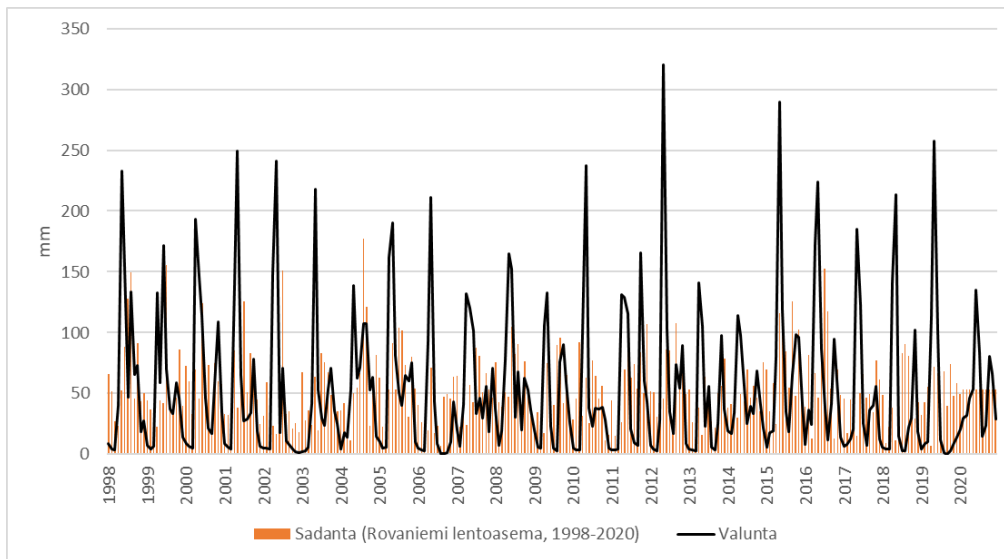


Kuva 3-2. Keskimääräiset kuukausitason sadanta-, haihdunta ja valunta-arvot. Arvot kuvaavat keskiarvoja aikavälin 1991–2020 aineistosta.

Taulukko 3-4. Keskimääräiset kuukausitason sadanta-, haihdunta- ja valunta-arvot. Arvot kuvaavat keskiarvoja aikavälin 1991–2020 aineistosta.

	Sadanta (mm)	Haihdunta (mm)	Valunta (ml. lumen sulaminen) (mm)
Tammi	46	0	9
Helmi	37	0	9
Maalis	37	0	13
Huhti	34	0	90
Touko	48	40	176
Kesä	64	61	100
Heinä	81	65	35
Elo	68	42	32
Syys	60	17	40
Loka	54	5	57
Marras	55	1	50
Joulu	51	0	22
YHTEENSÄ	633	231	633

Vesitaseen tarkastelutilanteen 3 mallinnuksessa käytetty sadanta ja valunta-aineisto on esitetty kuvassa 3-3.



Kuva 3-3. Vesitaseen tarkastelutilanteessa 3 käytetty vaihteleva (1998–2020) sadanta- ja valunta-aineisto.

3.2.1.5 Ilmastonmuutos

3.2.1.6 Ilmastonmuutoksesta yleisesti

Ilmastonmuutoksen seurauksena Suomen lämpötilat nousevat, sademäärät kasvavat, lumipeiteaika lyhenee ja myös routaa on aiempaa vähemmän. Laskelmien mukaan ilmasto näyttää muuttuvan enemmän talvella kuin kesällä. Ilmaston lämmitessä sademäärien arvioidaan Suomessa kasvavan ja rankkasateiden voimistuvan. Etenkin talvipuolella vuotta sateet lisääntyvät, ja tulevat yhä useammin vetenä. Kesällä rankkasateet voimistunevat enemmän kuin keskimääräiset sateet. Talvella ja keväällä pisimmät sateettomat jaksot lyhenevät jonkin verran. (Ilmatieteen laitos ja Suomen ympäristökeskus (SYKE), 2021)

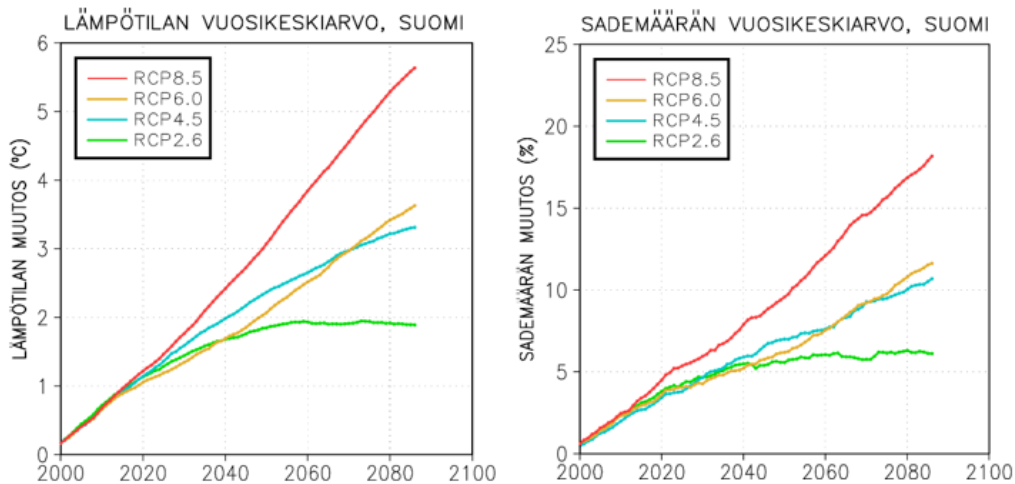
Suomen tulevaa ilmastoa on arvioitu useiden ilmastomallien pohjalta (Ilmatieteen laitos ja Suomen ympäristökeskus (SYKE), 2021). Mallituloksia esitetään useammalle kasvihuonekaasuskenaariolle. Se, kuinka paljon ilmasto muuttuu eli mikä tulevaa kehitystä kuvaavista kehityspoluista eli skenaarioista toteutuu, riippuu kasvihuonekaasujen maailmanlaajuisten päästöjen määrästä. Uusimpia kasvihuonekaasuskenaarioita kutsutaan nimellä RCP-skenaariot (Representative Concentration Pathways eli pitoisuuksien kehityskulun skenaariot). Eri skenaarioissa kasvihuonekaasujen maailmanlaajuisten päästöjen oletetaan kehittyvän seuraavasti:

- RCP8.5-skenaario: kasvihuonekaasupäästöjen kasvu jatkuu nopeana tulevaisuudessakin.
- RCP6.0-skenaario: päästöt pysyvät aluksi suunnilleen nykyisellä tasollaan mutta ovat myöhemmin tällä vuosisadalla melko suuria.

- RPC4.5-skenaario: päästöt kasvavat aluksi hieman mutta kääntyvät laskuun vuoden 2040 tienoilla.
- RPC2.6-skenaario: päästöt kääntyvät jyrkkään laskuun jo vuoden 2020 jälkeen ja ovat vuosisatamme lopulla lähellä nollatasoa.

Ilmastonmuutosta käsittelevät arviointiraportit laatii ja julkaisee IPCC eli hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli¹. IPCC:n kuudes arviointiraportti julkaistaan vuosina 2021–2022. Tämän hetken kansalliset ilmastonmuutosennusteet perustuvat IPCC:n viidenteen arviointiraporttiin (osaraportit julkaistu vuosina 2013–2014).

Ilmastonmuutosennusteissa annetaan arvio, kuinka paljon lämpötila, sademäärä tai joku muu ilmastosuure muuttuu perusjaksoon eli vuosien 1981–2010 keskiarvoon verrattuna. Arviot ulottuvat vuoteen 2100 asti. Vuoden keskilämpötilan ja keskisadannan osalta viimeisimmät arviot Suomessa keskimäärin tapahtuvalla muutoksella on esitetty kuvassa 3-4. (Ruosteenoja;Jylhä;& Kämäräinen, 2016)



Kuva 3-4. Vuoden keskilämpötilan muutos asteina ja vuoden keskisadannan muutos prosentteina Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jakson 1981–2010 keskimääräisiin arvoihin. Käyrät esittävät 28 maailmanlaajuisen ilmastonmuutosmallin tulosten keskiarvoa neljälle eri RCP-kasvihuonekaasuskenaariolle (RCP8.5, hyvin suuret päästöt; RCP6.0, melko suuret päästöt; RCP4.5, melko pienet päästöt; RCP2.6, hyvin pienet päästöt). (Ruosteenoja;Jylhä;& Kämäräinen, 2016)

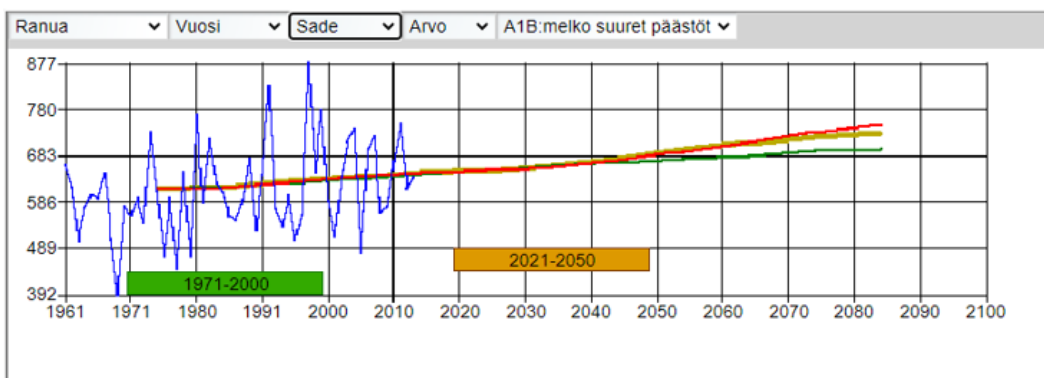
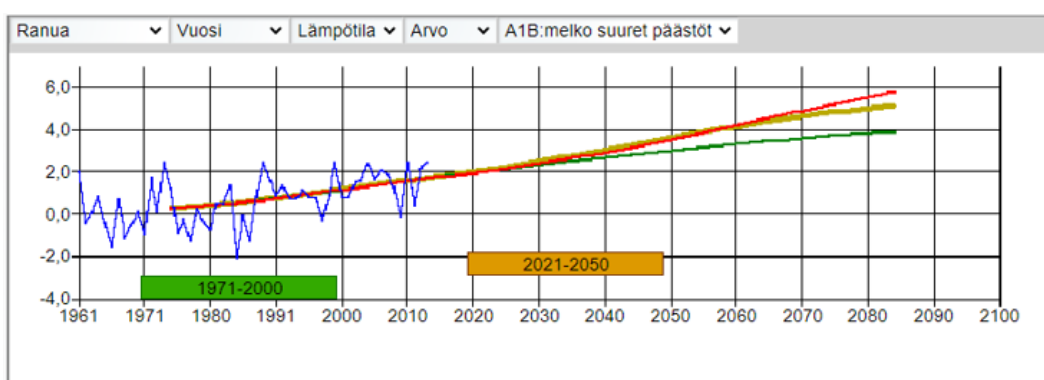
3.2.1.7 Ilmastonmuutos Ranualla

Ilmastoennusteita tulkittaessa ja analysoitaessa on tärkeää tunnistaa tarkastelun kannalta relevantti aikaväli. Suhangon kaivoshankkeen tuotantovaiheen

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change: <https://www.ipcc.ch/>; <https://www.ilmatieteennlaitos.fi/ipcc-ilmastopaneeli>

elinkaari ajoittunee vuosien 2025–2050 välille, joten tässä tarkastelussa käytetään kyseistä aikaväliä tuotantovaiheen ilmastoanalyysissä.

Vuoden keskilämpötila on ollut kymmenen vuoden kaudella 1991–2000 Rovaniemellä +0,9 °C ja vastaavasti kaudella 2011–2020 +2,2 °C. Lämpötila on siis noussut 2000-luvulla noin +1,3 °C. Vuoteen 2050 mennessä keskilämpötilan odotetaan Ranualla nousevan vielä noin kahdella asteella (kuva 3-5). Myös sademäärässä on kasvava trendi, niin että vuotuinen keskimääräinen sadesumma on vuoteen 2050 mennessä noin 690 mm/vuosi sekä suurten että melko suurten päästöjen skenaarioissa. Tämä tarkoittaa keskimääräistä 9 % kasvua verrattuna viimeisimmän ilmastokauden (1991–2020) vuosisadantaan.



Kuva 3-5. Lämpötilan ja vuosisadannan muutos Ranualla eri ilmastomuutosskenaarioiden mukaan (punainen käyrä: suuret päästöt, keltainen käyrä: melko suuret päästöt, vihreä käyrä: pienet päästöt).²

Ilmaston lämmetessä lumipeite jää ohuemmaksi ja lumisen vuodenaika lyhenee. Pohjois-Suomessa sademäärien lisääntyminen talvikuukausina kumoo osittain lämpenemisen vaikutusta. Kuitenkin pohjoisessakin lumipäivät vähenevät 20–30 % ja lumipeitteen massasta menetettäisiin 40–70 % vuosisadan loppuun mennessä. Lumen määrän ennustaminen on kuitenkin epävarmaa, sillä eri mallien ennustukset lämpenemisen voimakkuudesta ja sademäärien muutoksista poikkeavat toisistaan. Tämä tuo oman epävarmuutensa myös

² <https://ilmasto-opas.fi/fi/datat/mennyt-ja-tuleva-ilmasto#DoubleMapTimelinePlace:vertailu>

lumen hupenemisvauhtiin. (Ilmatieteen laitos ja Suomen ympäristökeskus (SYKE), 2021)

Valunnan muutos vuodenajoittain tapahtuu eri suuntiin siten, että kevätvalunta pysyy lähes ennallaan, mutta kesän valunta pienenee huomattavasti. Vuoteen 2070 mennessä kesän valunnan Pohjois-Suomessa ennustetaan pienenevän 20–30 % referenssijaksoon 1971–2000 verrattuna. Talviset valunnat kasvaisivat kuitenkin jopa yli 60–130 %. Ilmastomuutos vaikuttaa myös pohjavesivarantojen täyttymiseen ja pohjaveden pinnankorkeuksiin. (Veijalainen, ym., 2012)

3.2.1.8 Ilmastomuutoskenaarion mallinnus

Tässä ympäristövaikutusten arviointiprosessiin liittyvässä aluevesitasemallinnuksessa ilmastomuutoskenaariota ei ole mallinnettu erillisenä numeerisena mallinnusskenaariona. Arvio tulosten soveltuvuudesta muuttuvaan ilmastoon on toteutettu sanallisena analyysinä (kappale 6).

Perusteluna edellä mainitulle lähestymistavalle on se, että kokemuksen perusteella ilmastomuutoskenaarion numeerinen mallintaminen kuukausitason aluevesitasemallilla ei tuota merkittävää lisätietoa hankkeen suunnitteluun. Hankkeen aluevesitasemallin avulla on mallinnettu kerran 100 vuodessa tapahtuvan poikkeuksellisen sateisen vuoden olosuhteet – vuosisadannan osalta tämä tarkoittaa 992 mm sadesummaa. On huomioitava, että tässä raportoidun kuukausitasolle laaditun vesitasemallin tulokset eivät ole, poikkeuksellisen sateisten tilanteiden mallinnuksesta huolimatta, suoraan sovellettavissa kaivoksen vesienhallintajärjestelmien mitoitustiedoiksi. Yksittäisten vesienhallintajärjestelmien mitoituksessa tulee huomioida vielä erikseen poikkeukselliset rankkasateet, sateiset jaksot ja kevään ylivalumakauden virtaamat. Tällaisten tilanteiden tarkastelu esitetään osana ympäristölupahakemuksen vesienhallintasuunnitelmaa. Hankkeeseen liittyvien vesienhallintajärjestelmien mitoituksessa tullaan lopulta varautumaan kerran 200 vuodessa sattuvien rankkasateiden, sateisten jaksojen ja kevään ylivalumakausien varalle.

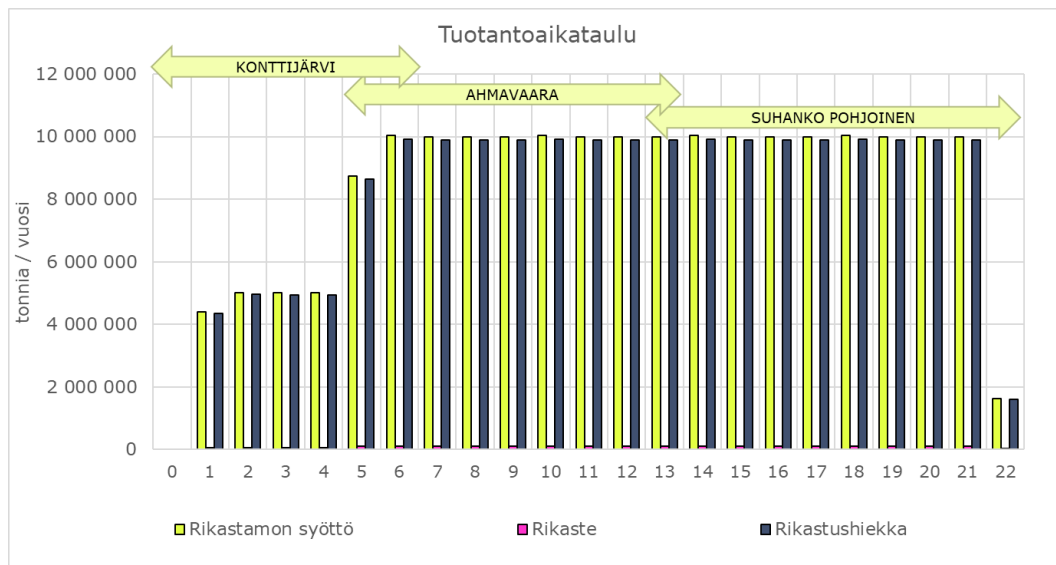
3.2.2 Pinta-alat

Vesitasemallinnuksessa käytetyt eri toimintojen valuma-alueiden pinta-alat on esitetty liitteessä 1. Valuma-alueille tulee vettä sadantana ja sitä poistuu haihtumalla. Lisäksi osa vedestä suotautuu rakennekerrokseen. Toiminta-alueiden suotovedet pyritään keräämään ja palauttamaan takaisin vesikiertoon. Tässä vesitasemallissa suotovesien on arvioitu sisältyvän nettovesimääriin. Tehdasalueen pintavalumana kulkevat hulevedet keräillään ja hallitaan erikseen.

3.2.3 Rikastamon vesitase

3.2.3.1 Tuotantosuunnitelma

Mallinnuksessa on käytetty kuvan 3-6 mukaista tuotantosuunnitelmaa. Suunnitelman mukaan rikastamon syöttömäärä on enimmillään 10 miljoonaa tonnia vuodessa. Rikastamolle syötettävästä malmista 1,1 % päätyy rikasteeksi ja loput kiintoaineesta päätyy rikastushiekaksi.



Kuva 3-6. Mallinnuksessa käytetty tuotantosuunnitelma ja sen mukaiset kaivoksen elinkaaren aikaiset malmin syöttömäärät, rikastemäärät ja jätealueille läjitettävät rikastushiekkamäärät kiintoainetonneina.

3.2.3.2 Malmin mukana tuleva ja rikasteessa lähtevä vesi

Mallinnuksessa käytetty malmin kosteuspitoisuus on 2,7 %. Vastaavasti rikasteen kosteuspitoisuus on 10 %.

3.2.3.3 Rikastushiekan mukana lähtevä ja rikastushiekkaan pidättyvä vesi

Rikastushiekka-alueelle päätyvän jätejakeen ominaispainona on käytetty arvoa 2,866. Sakeutetun rikastushiekan kiintoainepitoisuus syötteessä on 55 m-%. Mallin lähtöoletuksena on, että rikastushiekan kiintoainepitoisuus läjityksessä olisi lopulta 71 m-%.

3.2.3.4 Raakavedenotto

Raakavedenotolla on tarkoitus turvata prosessin vedensaanti vesivähissä tilanteissa sekä tuottaa vettä kemikaalien valmistukseen ja muihin prosessin käyttökohteisiin, joissa tarvitaan tuorevettä. Tuotettuun vesitasemalliin

raakavedenotto on syötetty prosenttiosuutena koko rikastamon vedentarpeesta (taulukko 3-5).

Lisäksi on erikseen tarkasteltu mahdollisuutta luopua kokonaan raakavedenotosta mallintamalla vesitaseen tarkastelutilanteet 1 ja 3 myös ilman raakavedenottoa ulkopuolisesta lähteestä. Näiden erillistarkastelujen tulokset on kuvattu kohdassa 3.3.5.

Taulukko 3-5. Mallinnuksessa käytetyt raakaveden ja kierrätysveden osuudet rikastamon vedentarpeesta.

Tuotantovuosi	Raakavedenotto	Kierrätysvesi vesivarastoaltaasta	Kierrätysvesi rikastushiekka-alueelta
0	100 %	0 %	0 %
1	30 %	28 %	42 %
2	15 %	34 %	51 %
3	10 %	36 %	54 %
4	5 %	38 %	57 %
5	5 %	38 %	57 %
6	5 %	38 %	57 %
7	5 %	38 %	57 %
8	5 %	38 %	57 %
9	5 %	38 %	57 %
10	5 %	38 %	57 %
11	5 %	38 %	57 %
12	5 %	38 %	57 %
13	5 %	38 %	57 %
14	5 %	38 %	57 %
15	5 %	38 %	57 %
16	5 %	38 %	57 %
17	5 %	38 %	57 %
18	5 %	38 %	57 %
19	5 %	38 %	57 %
20	5 %	38 %	57 %
21	5 %	38 %	57 %
22	5 %	38 %	57 %

3.2.4 Kaivoksen kuivatusvesimäärä

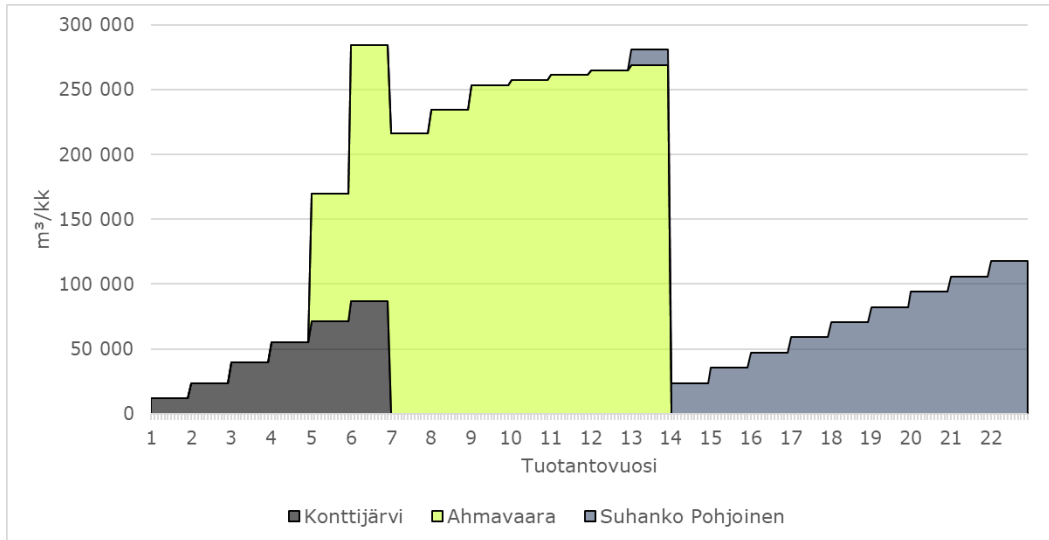
AFRY Finland Oy on arvioinut Konttijärven ja Ahmavaaran avolouhosten pohjavesipurkauksia numeerisen pohjaveden virtausmallinnuksen avulla (AFRY Finland Oy, 2021). Mallinnus on tehty FEFLOW-ohjelmalla, joka perustuu kolmiulotteiseen elementtimenetelmään. Mallinnuksen pohjana on MODFLOW-ohjelmalla tehty alueellinen pohjavesimalli (AFRY Finland Oy, 2020) ja kummankin louhoksen ympäristön tietyissä kairareijissä tehdyistä virtausmittauksista

saadut tulokset kallioperän hydraulisesta johtavuudesta (Pekkanen;Ripatti;Hurmerinta;& Bigler, 2019). Alueellisesta mallista saatiin louhosten mallinnukseen mm. pohjaveden painekorkeudet kaukana louhoksista ja arvio pohjaveden imeytymisnopeudelle mallinnettavalla alueella. Virtausmitauksissa havaittiin, että Ahmavaaran louhoksen ympärillä kallioperän rakoillelle pintaosalle tyypillinen suhteellisesti korkeampi hydraulinen johtavuus ulottuu selvästi syvemmälle kuin Konttijärvellä. Tämä ero hydraulisen johtavuuden syvyyssiippuvuudessa otettiin mallinnuksessa huomioon, mikä vaikutti huomattavasti tuloksiin.

Mallinnuksessa on otettu huomioon erillisinä maaperäkerroksina turve ja moreeni, joiden hydrauliset ominaisuudet ja kerrospaksuudet perustuvat Suhangon alueella tehtyihin kenttätutkimuksiin, mallinnustyön aikaisten suunnitelmien mukaiset sivukivikasat ja rikastushiekka- ja prosessivesialtaat sekä pohjaveden purkautuminen louhosten lisäksi pintavesiin. Myös geologisen tiedon perusteella louhosten lähellä sijaitsevia kallioruhjeita otettiin mukaan tasomaisina rakenteina, joita pitkin pohjavesi virtaa helpommin kuin ympäröivässä kalliomassassa.

Kummallekin louhokselle laadittiin alkutilaa eli louhintaa edeltävää tilannetta vastaavan mallin lisäksi kolmea vaiheittain laajenevaa louhosvaihetta kuvaavat mallit sen selvittämiseksi, miten pohjaveden purkautuminen ja muut hydrogeologiset vaikutukset kehittyvät kaivostoiminnan aikana. Erilliset mallinnustapakset laskettiin stationaarisina, eli olettaen, että pohjavesisysteemi asettuu mallinnettua avolouhosta vastaavaan tasapainotilaan.

Louhoksille laaditut pohjavesimallit ovat *steady-state* -malleja, jotka on laadittu molempien louhosten osalta kolmelle louhosvaiheelle. Aluevesitasemallinnusta varten tulokset on interpoloitu eri toimintavuosille. Suhanko-Pohjoisen osalta pohjavesipurkauma on käytetty Suhangon kaivoshankkeen laajennuksen ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa raportoituja analyttisiä tuloksia (Pöyry Finland Oy, 2013). Mallinnuksessa käytetyt pohjavesipurkauman kuuksiarvot on esitetty kuvassa 3-7.



Kuva 3-7. Aluevesitasemallinnuksessa käytetty pohjavesipurkauma Konttijärven, Ahmavaaran ja Suhanko-Pohjoisen avolouhoksiin (kumulatiivinen).

3.2.5 Turpeeseen sitoutuneen veden vapautuminen

Rikastushiekka-alue sijaitsee osittain luonnonturvealueella ja on arvioitu, että turpeeseen sitoutunut vesi purkautuu ajan saatossa rikastushiekka-alueelle. Lisäksi Konttijärven ja Ahmavaaran louhoksen pintaturpeita on suunniteltu käytettävän rikastushiekka-alueen pohjarakenteen tiiviskerroksessa.

Alueen turvepaksuudet on raportoitu erillisessä alueen hydrogeologista perustilaa käsittelevässä raportissa. Turpeen keskimääräinen vesipitoisuus on 91 %. Turpeen keskimääräinen paksuus Konttijärven louhoksen alueella on 1,1 m ja Ahmavaaran louhoksen alueella 1,8 m. Rikastushiekka-alueen keskimääräinen turvekerroksen paksuus on 1,0 metriä. (Pöyry Finland Oy, 2018)

Rikastushiekka-alueelle läjitetyn turpeen on arvioitu tiivistyvän 70 % vesipitoisuuteen. Rikastushiekka-alueelle läjitetyn tai siellä luontaisesti olevan turpeen arvioidulle kokonaistilavuudelle 5,8 milj.m³. Tämä tarkoittaa, että turpeesta irtoaisi vettä yhteensä 1,2 milj.m³.

Mallinnuksessa on oletettu, että turpeeseen sitoutunut vesi vapautuisi tasaisesti ensimmäisen 16 tuotantovuoden aikana ja veden vapautumisen on mallissa oletettu olevan 6 250 m³/kk.

3.3 Mallinnuksen tulokset

3.3.1 Tarkastelutilanne 1 – Keskimääräinen tilanne

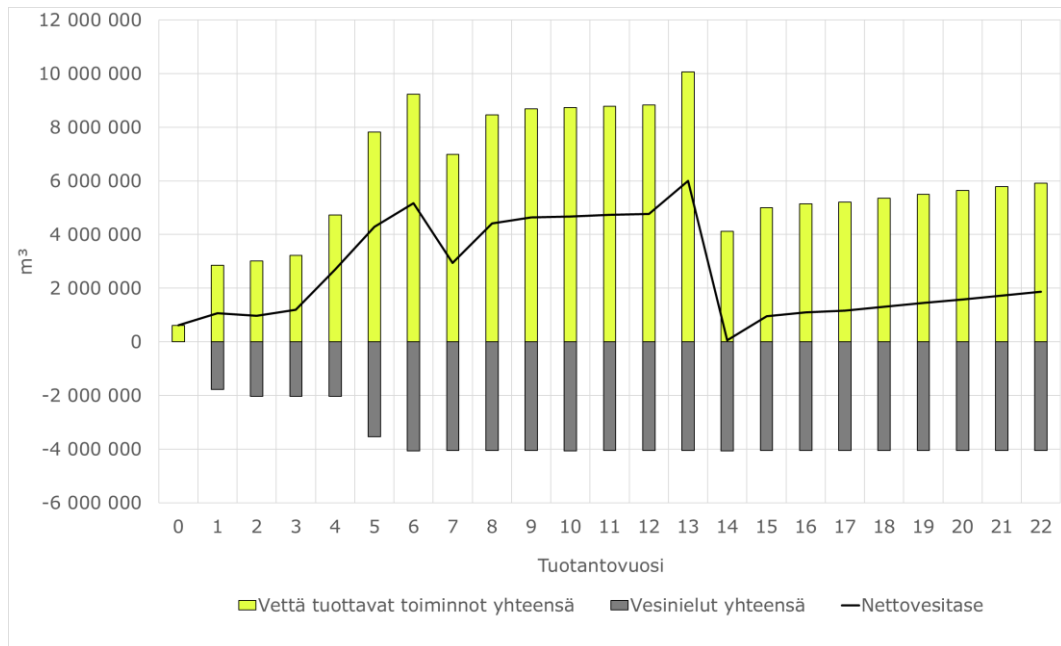
3.3.1.1 Tarkastelutilanteen kuvaus

Keskimääräisen tarkastelutilanteen (tarkastelutilanne 1) mallissa oletetaan, että toiminta-ajan jokaisena vuotena alueelle tuleva vuosisadanta, sadannasta ja lumen sulamisesta muodostuva valunta sekä haihduntaolosuhteet ovat aiemmin taulukossa 3-4 kuvatun mukaiset keskimääräiset. Mallinnuksessa on tiedostettu, että todellisuudessa sateisuus vuosien välillä tulee vaihtelevaan. Mallinnusskenaarion tarkoitus on antaa yleiskuva vuosinettovesitaseen kehittymisestä toimintojen pinta-alojen kehittymisen ja kaivostoimintojen etenemisen seurauksena. Mallinnusskenaarion avulla myös tunnistetaan mallin kannalta tärkeimmät vesitaseeseen vaikuttavat komponentit, toiminnot ja vesinielut. Lisäksi keskimääräisen tilanteen mallinnusskenaario toimii referenssinä muille mallinnusskenaarioille.

3.3.1.2 Vuositason nettovesimäärä

Kuvassa 3-8 esitetään laaditun mallin mukainen vuosinettovesitase kaivoksen tuotannollisen vaiheen yli. Vuosinettotase on tässä yhteydessä esitetty ilman raakavedenoton tuomaa lisävesimäärää. Tarkempi erittely vesinieluista ja kaivoksen vesikiertoon vettä tuottavista toiminnoista on esitetty liitteessä 2.

Ensimmäisinä tuotantovuosina vuosinettovesitase on tässä tarkastelutilanteessa vain lievästi positiivinen. Vettä pidätty rikastushiekkaan siinä määrin, että se riittää kompensoimaan toiminta-alueelle tuossa vaiheessa tulevan ja sieltä kerättävän keskimääräisen nettosadannan. Kun kaivostoiminnot etenevät ja siirtyvät Ahmavaaraan, läjitysalueiden pinta-alat kasvavat ja Ahmavaaran louhoksen kuivatusvesimäärä tulee mukaan vesikiertoon. Vuosinettotase onkin kasvava ollen mallin mukaan enimmillään noin 6,0 milj.m³ tuotantovuotena 13. Mallissa oletetaan, että louhinnan päätyttyä louhosten annetaan täyttyä vedellä eikä kuivatusta ylläpidetä.



Kuva 3-8. Vesitaseen tarkastelutilanne 1 - Tuotantotilanteen vuosinettovesimäärät ilman raakavedenottoa eri toimintavuosina.

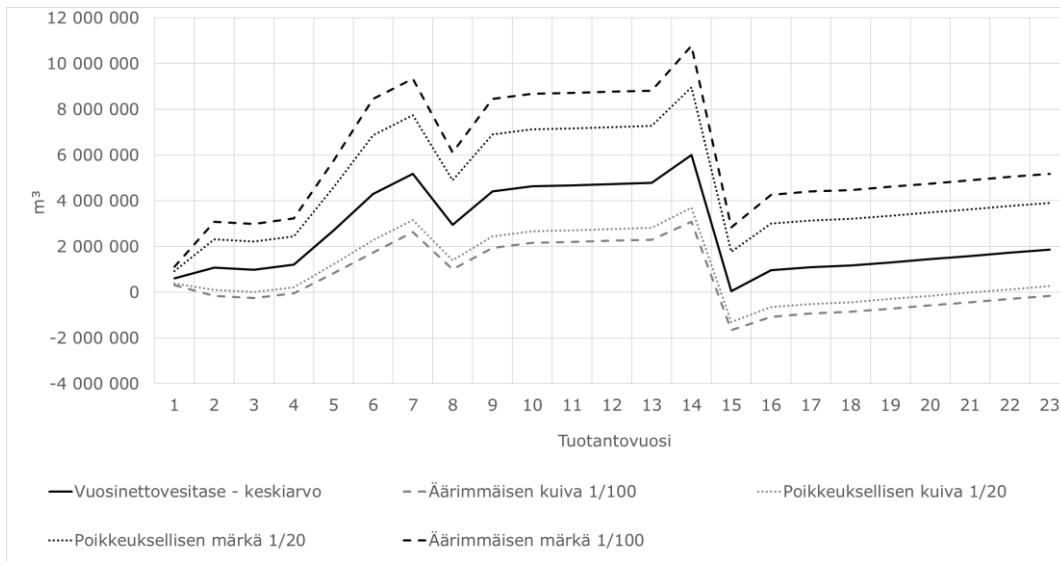
3.3.2 Tarkastelutilanne 2 – Poikkeuksellisen kuivat ja sateiset vuodet

3.3.2.1 Tarkastelutilanteen kuvaus

Vuosinettovesitaseen vaihteluvälin ymmärtämiseksi aluevesitasemalli on tarkasteltu poikkeuksellisen sateisilla 1/20 -vuodessa toistuvilla ja äärimmäisen sateisilla 1/100 -vuodessa toistuvilla vuosisadannoilla. Kerran 20 vuodessa tapahtuva vuosisadanta olisi kuivana vuonna 459 mm ja äärimmäisen sateisena vuonna 854 mm. Kerran 100 vuodessa tapahtuva vuosisadanta olisi kuivana vuonna 413 mm ja äärimmäisen sateisena vuonna 992 mm.

3.3.2.2 Vaikutus tuotantovaiheen vuosinettovesitaseeseen

Kuvassa 3-9 on esitetty koko kaivoksen tuotantovaiheen vuosinettovesitase sekä tarkastelutilanteessa 1 mallinnetulle keskimääräiselle tilanteelle että erikseen mallinnetuille poikkeuksellisille ilmastovuosille. Äärimmäisen sateisen vuoden sattuessa tuotantovuodelle 13 vuositason vuosinettovesitase olisi jopa 11 milj.m³ positiivinen. Mikäli kaikki ylimäärävesi pumpattaisiin Kemijokeen purkuvetenä, purkuvesimäärä olisi vastaava 11 milj.m³. Toisaalta äärimmäisen vähäsateisen vuoden sattuessa samalle vuodelle purkuvesimäärä olisi vain noin 3,0 milj.m³. Koska kaivostoimintojen pinta-alat ovat suuria, vuosisadanta ja sen mahdolliset vaihtelut vaikuttavat merkittävästi kaivoksen vesikierrossa olevaan vesimäärään.



Kuva 3-9. Vesitaseen tarkastelutilanne 2 - Tuotantotilanteen vuosinnettovesimäärät ilman raakavedenottoa eri toimintavuosina.

3.3.3 Tarkastelutilanne 3 – Mallinnus vuosien 1998–2020 toteutuneella sadannalla

3.3.3.1 Tarkastelutilanteen kuvaus

Vesitaseen tarkastelutilanteessa 3 malli vastaa muuten tarkastelutilanteen 1 mallia, mutta vuosisadanta, sadannasta ja lumen sulamisesta muodostuva valunta sekä haihdunta ovat analysoitujen keskimääriäisten sijaan viimeisen 23 vuoden (vuodet 1998–2020) toteuman mukaiset (taulukko 3-6). Tämän tarkastelutilanteen tarkoituksena on havainnollistaa ilmastollisesti vaihtelevien vuosien vaikutusta kaivoksen vesitaseeseen ja purkuvesimääriin.

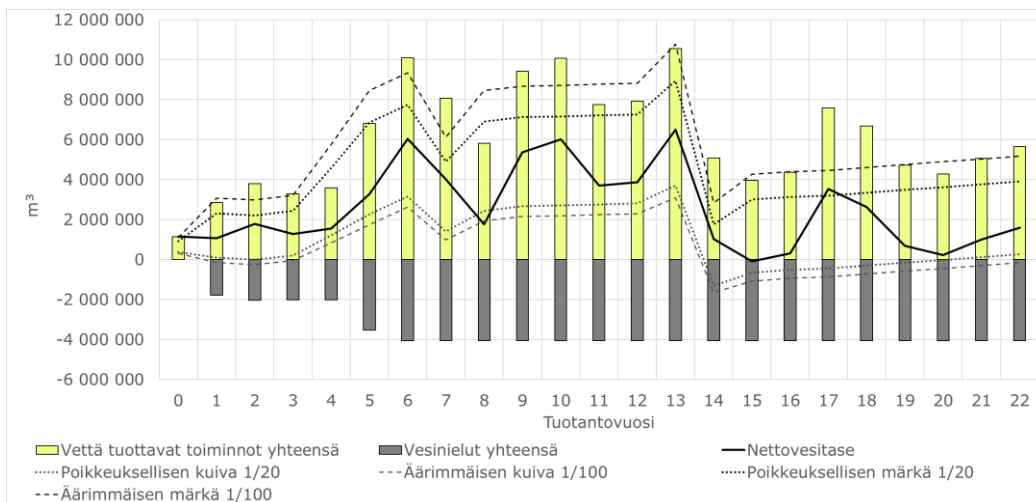
Taulukko 3-6. Vuosien 1998–2020 vuosisadannat ja yksittäisten vuosien ero keskimääräiseen vuosisadantaan.

Vuosi	Tuotantovuosi mallissa	Sadesumma (mm)	Ero keskimääräiseen vuosisadantaan (633 mm)
1998	0	816	29 %
1999	1	637	1 %
2000	2	754	19 %
2001	3	698	10 %
2002	4	511	-19 %
2003	5	583	-8 %
2004	6	734	16 %
2005	7	738	17 %
2006	8	422	-33 %
2007	9	643	2 %

Vuosi	Tuotantovuosi mallissa	Sadesumma (mm)	Ero keskimääräiseen vuosisadantaan (633 mm)
2008	10	739	17 %
2009	11	552	-13 %
2010	12	557	-12 %
2011	13	714	13 %
2012	14	737	16 %
2013	15	497	-22 %
2014	16	570	-10 %
2015	17	874	38 %
2016	18	817	29 %
2017	19	548	-13 %
2018	20	528	-17 %
2019	21	579	-9 %
2020	22	681	7 %

3.3.3.2 Vaikutus tuotantovaiheen vuosinettovesitaseeseen

Tulosten mukaan tällä ilmastoskenaariolla mallinnettu vuosinettovesitase ilman raakavedenottoa on enimmillään 6,5 milj.m³ tuotantovuonna 13 (kuva 3-10), kun se tarkastelutilanteessa 1 oli vastaavana vuonna noin 6,0 milj.m³. Toisaalta tuotantovuodelle 8 sattunut niukkasateinen vuosi antaa tällä mallin tarkastelutilanteella vuosinettotaseen arvoksi vain 1,8 milj.m³, kun tarkastelutilanteessa 1 vastaavan vuoden nettotase oli 4,4 milj.m³. Tarkastelutilanteen 3 vuosinettotaseen tulokset vaihtelevat pääasiassa 1/20 toistuvuudelle mallinnettujen käyrien välissä.



Kuva 3-10. Vesitaseen tarkastelutilanne 3 - Tuotantotilanteen vuosinettovesimäärät ilman raakavedenottoa eri toimintavuosina 1998–2020 toteutuneen sadannan mukaisesti.

3.3.4 Yhteenveto purkuvesimääristä

Yhteenveto mallinnetuista vuositasen nettovesitaseen tuloksista keskimääräisen sadannan tilanteelle (tarkastelutilanne 1) sekä kerran 100 vuodessa toistuvan äärimmäisen niukkasateisen ja runsassateisen vuoden tilanteille (tarkastelutilanne 2) on esitetty taulukossa 3-7.

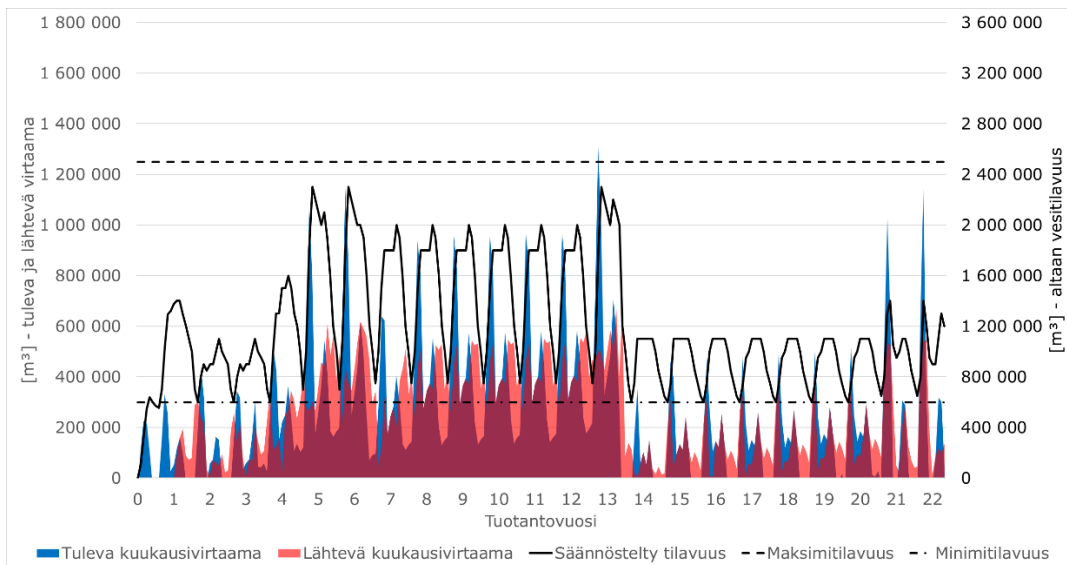
Kuten jo aiemminkin todettiin, hankkeessa on varauduttava siihen, että äärimmäisen sateisen vuoden sattuessa samanaikaisesti kaivostoimintojen jalanjäljen ollessa suurimmillaan tuotantovuoden 13 tienoilla, vuositasen ylimäärävesien määrä voi olla jopa 11 milj.m³. Mikäli kaikki ylimäärävesi pumpattaisiin Kemijokeen purkuvetenä, purkuvesimäärä olisi vastaava 11 milj.m³. Käytännössä tuotantovuoden 13 aikana ylimäärävesiä on kuitenkin, äärimmäisen runsasveteisessä tilanteessa, mahdollista pumpata myös Konttijärven tuotannosta poistuneeseen avolouhokseen, joka on tuossa vaiheessa louhosjärven muodostumisvaiheessa tai mahdollisesti rikastushiekan loppusijoitusikäikäytössä. Täten arvioidaan, että vuositasolla purkupuutken kautta pumpattava purkuveden määrä saadaan äärimmäisen sateistenkin vuosien aikana rajoitettua 6–8 milj.m³ virtaamaan. Arvio tullaan tarkentamaan vielä osana ympäristölupahakemuksen vesienhallintasuunnitelmaa, jolloin myös louhosjärvimalli tuloksi- neen on käytettävissä.

Taulukko 3-7. Yhteenveto mallinnetuista vuosinettovesitaseen tuloksista keskimääräisen sadannan tilanteessa sekä äärimmäisinä (1/100) ilmastovuosina.

Tuotanto- vuosi	Tarkastelu-ti- lanne 1: Keski- määräinen il- masto (m ³ /vuosi)	Tarkastelu-ti- lanne 2: 1/100 äärimmäisen kuiva (m ³ /vuosi)	Tarkastelu-ti- lanne 2: 1/100 äärimmäisen märkä (m ³ /vuosi)
1	535 942	0	2 542 825
2	1 515 588	0	3 422 471
3	1 439 162	0	3 463 980
4	2 349 501	337 310	5 498 385
5	4 429 567	1 777 293	8 593 985
6	5 566 782	3 014 508	9 331 199
7	3 332 722	1 384 991	6 510 735
8	4 803 344	2 325 813	8 845 806
9	5 026 544	2 549 013	9 269 006
10	5 063 197	2 585 666	9 105 659
11	5 120 144	2 642 613	9 162 606
12	5 166 944	2 689 413	9 209 406
13	6 000 601	3 079 006	10 967 621
14	1 445 388	0	4 232 427
15	1 402 359	0	4 709 501
16	1 488 659	0	4 795 801

Tuotanto- vuosi	Tarkastelu-ti- lanne 1: Keski- määräinen il- masto (m ³ /vuosi)	Tarkastelu-ti- lanne 2: 1/100 äärimmäisen kuiva (m ³ /vuosi)	Tarkastelu-ti- lanne 2: 1/100 äärimmäisen märkä (m ³ /vuosi)
17	1 554 959	0	4 862 101
18	1 696 259	0	5 003 401
19	1 837 559	0	5 144 701
20	1 978 859	0	5 286 001
21	2 820 159	97 388	5 427 301
22	2 361 459	0	7 018 601

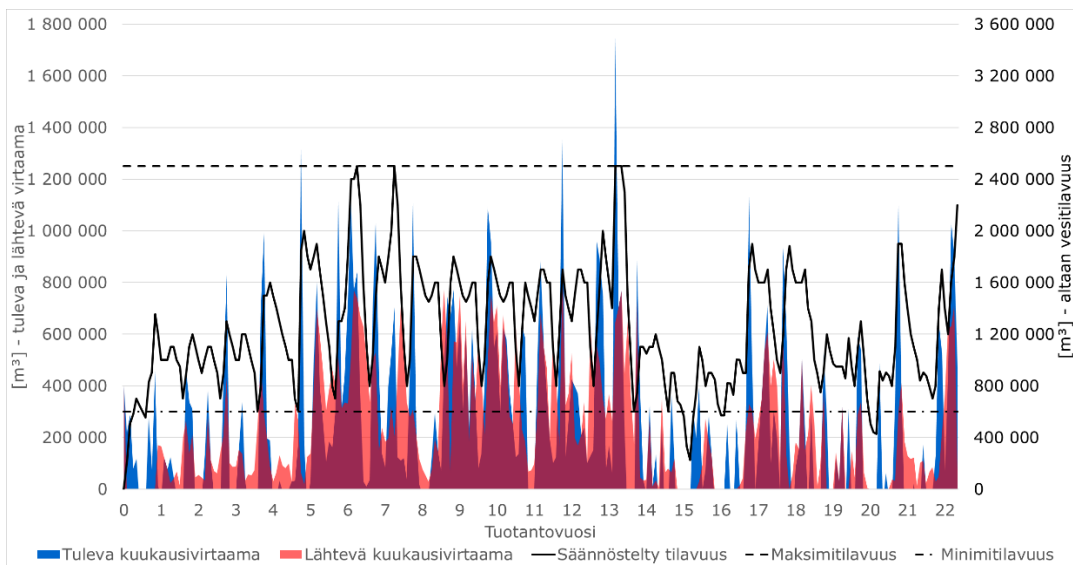
Kuukausitasolla purkupuutken kautta kaivosalueelta Kemijokeen purettavaa vesimäärää tasataan hyödyntämällä vesivarastoaltaan varastotilavuutta. Virtaamien tasaaminen edesauttaa myös vesienkäsittelyn tehokasta toimintaa. Vesivarastoaltaan säännöstelykuvaajat vesitaseeseen tarkastelutilanteille 1 ja 3 on esitetty kuvissa 3-11 ja 3-12 ja mallin mukaiset kuukausitason purkuvesimäärät vastaaville tarkastelutilanteille taulukoissa 3-8 ja 3-9.



Kuva 3-11. Vesitasemallin mukainen vesivarastoaltaan säännöstelykuvaaja vesitaseeseen tarkastelutilanteessa 1.

Taulukko 3-8. Vesitasemallin mukainen kuukausitason purkuvesimäärä tarkastelutilanteessa 1 (keskimääräinen sadanta).

Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tuotantovuosi	Kuukausivirtaama yksikössä 1 000 m ³ / kuukausi											
1	0	0	0	0	0	0	0	0	92	160	196	90
2	73	80	290	303	237	215	33	8	74	64	52	95
3	22	31	190	258	144	218	83	8	75	66	204	145
4	94	108	225	340	113	127	154	24	250	267	347	308
5	236	303	421	282	266	303	269	357	458	443	613	486
6	563	384	499	210	443	382	346	434	537	620	592	563
7	470	292	347	45	138	324	173	244	283	204	387	434
8	511	332	395	241	437	509	277	346	375	353	526	506
9	530	351	414	259	456	528	296	365	394	371	544	525
10	533	354	417	262	459	531	299	368	397	374	547	528
11	537	359	422	267	464	536	303	373	401	379	552	533
12	541	362	426	271	468	540	307	377	405	383	556	537
13	576	396	467	469	507	495	427	508	584	508	673	398
14	666	89	139	113	22	5	56	103	53	151	39	16
15	47	14	20	201	312	48	93	135	111	242	124	61
16	104	76	32	213	324	10	5	146	123	254	135	73
17	109	82	37	269	329	15	60	52	128	259	141	78
18	121	93	49	280	341	27	72	64	140	271	153	90
19	133	105	61	292	353	39	84	76	152	283	165	102
20	145	117	73	304	365	51	95	87	164	295	176	114
21	156	129	85	416	527	532	287	49	26	206	288	125
22	68	41	46	477	538	544	199	11	87	118	100	137



Kuva 3-12. Vesitasemallin mukainen vesivarastoaltaan säännöstelykuvaaja vesitaseen tarkastelutilanteessa.

Taulukko 3-9. Vesitasemallin mukainen kuukausitason purkuvesimäärä tarkastelutilanteessa 3 (vuosien 1998–2020 ilmasto).

Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tuotantovuosi	Kuukausivirtaama yksikössä 1 000 m ³ / kuukausi											
1	0	0	0	0	0	0	0	166	122	77	24	42
2	69	15	199	266	137	212	46	56	45	35	279	113
3	70	63	143	205	433	101	87	88	154	137	33	57
4	54	73	257	495	292	197	89	31	64	133	92	81
5	100	30	332	269	64	19	126	139	378	699	593	469
6	306	384	461	402	512	313	335	333	511	770	740	672
7	629	510	337	502	530	146	238	184	196	321	205	424
8	711	621	337	280	307	208	118	76	54	29	77	194
9	145	570	772	546	65	574	569	751	408	653	186	520
10	340	581	437	212	493	754	647	711	396	675	529	283
11	252	624	437	230	187	68	73	98	325	682	548	469
12	193	602	424	168	853	325	371	525	197	170	211	337
13	101	629	452	557	491	347	271	368	262	644	703	768
14	446	652	366	175	733	46	34	36	273	12	34	7
15	350	65	80	65	120	0	1	0	0	0	0	0
16	30	96	272	182	128	1	1	1	0	0	1	1
17	1	15	43	219	330	309	196	261	348	536	611	401
18	505	396	98	633	130	1	59	183	157	502	151	215
19	404	247	8	95	376	0	0	0	142	29	318	0
20	0	146	45	290	339	63	5	1	1	0	1	0
21	0	0	38	33	297	411	183	129	117	122	14	103
22	110	23	67	84	30	49	227	369	620	632	709	67

Kuukausitason maksimipurkuvesimäärä on mallin mukaan noin 853 000 m³/kk, mikä vastaa keskimääräistä 1 200 m³/h virtaamaa. Mallinnuksen johtopäätöksenä todetaan, että purkuputken mitoituksessa tulee varautua 1 200 m³/h mitoitusvirtaamaan, minkä lisäksi mitoituksessa tulee huomioida tarpeellinen suunnitteluvara.

3.3.5 Yhteenveto raakavedenottomääristä

Kuten kappaleessa 3.2.3.4 on kuvattu, rikastusprosessin käyttämän raakaveden ottomääräksi Konttijärvestä on arvioitu tuotannon ylösajon jälkeen 5 %. Lähtökohtaisesti rikastamon sisäisen vesikierron kierrätysaste on siis 95 %. Vuositasolla 5 % raakavedenottomäärä tarkoittaa 10 Mt tuotantotilanteessa noin 390 000 m³ vesimäärää, mikä vastaa keskimääräistä 45 m³/h tuntivirtaamaa.

Lisäksi on erikseen tarkasteltu mahdollisuutta luopua kokonaan raakavedenotosta mallintamalla vesitaseen tarkastelutilanteet 1 ja 3 myös ilman raakavedenottoa ulkopuolisesta lähteestä. Mallinnusten perusteella suorana johtopäätöksenä voidaan todeta, että mikäli rikastusprosessin kierrätysastetta on edelleen mahdollista nostaa, raakavedenoton pienentämisellä voidaan suoraan

pienentää purkuvesimääriä. Hankkeen suunnitellut vesivarastokapasiteetit mahdollistavat prosessiveden saannin turvaamisen useimmissa ilmastollisissa tilanteissa.

Ulkopuolisesta raakavesilähteestä ei tule kuitenkaan luopua kokonaan, jotta poikkeuksellisen niukkasateisten vuosien sattuminen peräkkäin ei vaaranna rikastusprosessin toimintaa.

4 KUORMATASE

4.1 Huomioita kuormataseesta

Kuormitusarvioita luettaessa on ymmärrettävä, että kuormituksina ilmoitetut luvut ovat analyttisen mallin lopputuloksia. Vaikka ne ilmoitetaan eksakteina vuosikuormituslukuina, niitä ei tule tulkita eksakteina arvoina. Kuten aiemmissa kohdissa on esitetty, tuotantovaiheen aluevesitase voi käytettävästä ilmastokenaariosta riippuen vaihdella merkittävästi. Vastaava mahdollinen vaihtelu sisältyy yksittäisen tuotantovuoden vuosikuormitukseen.

Hankkeessa on varauduttu käsittelemään vesivarastoaltaasta purkuputkeen purettava vesi. Vesienkäsittelyn osalta kuormataseeseen on sisällytetty arvio vesienkäsittelykemikaalien aiheuttamista kuormituslisistä.

Kiintoaine ei ole ollut mukana mallinnetussa kuormataseessa. Kiintoainepitoisuuden oletetaan olevan lähtevässä vedessä enimmillään 10 mg/l.

4.2 Vesilaatuarviot

Kuormitustase on laadittu vesitaseen tarkastelutilanteelle 1. Kuormitustaseessa käytetyt vedenlaatutiedot on mallinnettu ja raportoitu erikseen AFRY Finland Oy:n toimesta (liite 4). Taulukoihin 4-1 ja 4-2 on koottu kuormitustasemallissa käytetyt pitoisuudet eri parametrien osalta. Mallinnettuja parametreja on yhteensä 35 kappaletta. Vesitaseeseen liitetty kuormitustase huomioi eri vesijakeiden sekoittumiset keskenään sekä laimenemisen vesialtaisiin tulevan nettosadannan vaikutuksesta. Läjitysalueiden osalta nettosadanta on sisällytetty laadittuihin vesilaatuarvioihin eikä läjitysalueiden nettosadannalla ole siten laimentavaa vaikutusta mallissa.

Kuvassa 4-1 on esitetty periaatekuva siitä, mihin vesikierron osakohteisiin tuotettuja vedenlaatuarvioita on käytetty. Numerokoodit viittaavat taulukoissa 4-1 ja 4-2 käytettyyn numerointiin. Kuvassa on himmennetty ne vesi- ja ainevirrat, joille ei ole mallissa laatuarviota. On tärkeää ymmärtää, että malli ei itsessään kierrätä vettä, vaan veden kierto kaivosalueella on huomioitu vesilaatuarvioissa.

Suhanko-Pohjoinen louhoksen toimintojen osalta ei ole olemassa kohdekohtaisia vesilaatuarvioita. Kuormataseen tulokset raportoidaan tästä syystä vain tuotantovuoden 13 loppuun asti.

Taulukko 4-1. Kuormitustasemallissa käytetyt vesilaadut avolouhosten ja rikastushiekka-alueen yliteveden osalta.

Parametri	Yksikkö	1 – Konttijärven avolouhos	2 – Ahmavaaran avolouhos	3 – Rikastushiekkan läjitysalue
01 - As	mg/l	0,00017	0,0010	0,00012
02 - Ba	mg/l	0,036	0,13	0,079
03 - Be	mg/l	0,00080	0,0025	0,000013
04 - Cd	mg/l	0,00016	0,00049	0,000029
05 - Co	mg/l	0,00081	0,0025	0,00050
06 - Mo	mg/l	0,00076	0,020	0,041
07 - Pb	mg/l	0,00081	0,0025	0,00000019
08 - Sb	mg/l	0,00080	0,0025	0,0020
09 - Se	mg/l	0,0026	0,0079	0,0059
10 - Sn	mg/l	0,00064	0,0020	0,00019
11 - Th	mg/l	0,0032	0,0099	0,0013
12 - U	mg/l	0,00016	0,00049	0,00044
13 - V	mg/l	0,017	0,051	0,0032
14 - Al	mg/l	0,16	0,49	0,27
15 - Ca	mg/l	9,6	21	88
16 - Cr	mg/l	0,035	0,11	0,00014
17 - Cu	mg/l	0,0077	0,027	0,000022
18 - Fe	mg/l	0,40	1,2	0
19 - K	mg/l	12	39	92
20 - Mg	mg/l	5,6	19	36
21 - Mn	mg/l	0,0080	0,025	0,023
22 - Na	mg/l	2,0	6,1	108
23 - Ni	mg/l	0,0077	0,024	0,0030
24 - P	mg/l	0,097	0,42	0,16
25 - Sr	mg/l	0,021	0,067	0,51
26 - Ti	mg/l	0,014	0,041	0,012
27 - Zn	mg/l	0,00041	0,00038	0,010
28 - Cl	mg/l	0,069	0,26	54
29 - F	mg/l	0,0080	0,025	0,49
30 - SO ₄ ²⁻	mg/l	13	52	228
31 - NO ₃	mg/l	0,92	2,9	17
32 - NO ₃ -N	mg/l	0,21	0,64	3,9
33 - NH ₄ ⁺	mg/l	1,2	3,6	1,4
34 - NH ₄ -N	mg/l	0,90	2,8	1,1
35 - NO ₂	mg/l	0*	0*	0*

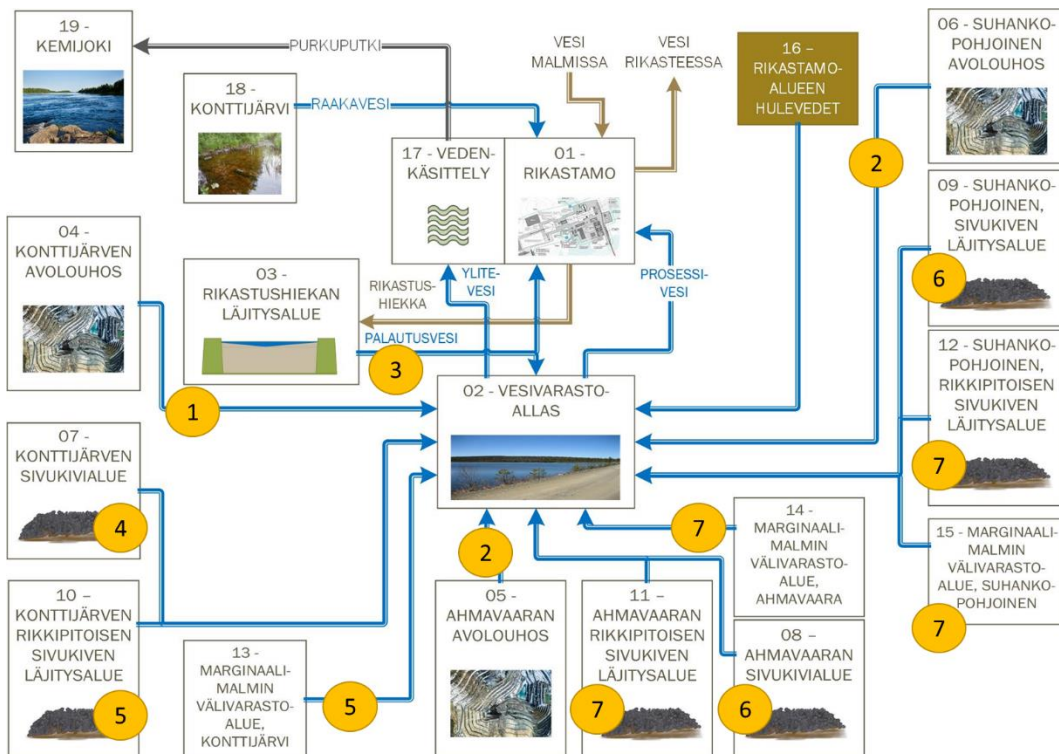
Parametri	Yksikkö	1 – Konttijärven avo-louhos	2 – Ahmavaaran avo-louhos	3 – Rikastushiekan läjitysalue
36 - NO ₂ -N	mg/l	0*	0*	0*
37 - N	mg/l	1,1	3,4	5,0
* Parametrille ei ole laatuarviota, joten mallissa on käytetty pitoisuutta 0 mg/l.				

Taulukko 4-2. Kuormitustasemallissa käytetyt vesilaadut sivukivialueiden suotovesien osalta.

Parametri	Yksikkö	4 – Konttijärven sivukivialue	5 – Konttijärven rikki-pitoisen sivukiven läjitysalue	6 – Ahmavaaran sivukivialue	7 – Ahmavaaran rikki-pitoisen sivukiven läjitysalue
01 - As	mg/l	0,0021	0,00057	0,011	0,016
02 - Ba	mg/l	0,45	0,46	1,4	0,34
03 - Be	mg/l	0,010	0,0026	0,028	0,028
04 - Cd	mg/l	0,0020	0,0014	0,0055	0,0077
05 - Co	mg/l	0,010	0,0041	0,028	0,066
06 - Mo	mg/l	0,0096	0,0080	0,22	0,055
07 - Pb	mg/l	0,010	0,0050	0,028	0,048
08 - Sb	mg/l	0,010	0,0040	0,029	0,028
09 - Se	mg/l	0,033	0,067	0,089	0,21
10 - Sn	mg/l	0,0080	0	0,022	0,022
11 - Th	mg/l	0,040	0,0040	0,11	0,11
12 - U	mg/l	0,0020	0,008	0,0055	0,0065
13 - V	mg/l	0,21	0,024	0,57	0,19
14 - Al	mg/l	2,0	3,6	5,5	6,7
15 - Ca	mg/l	121	251	233	2473
16 - Cr	mg/l	0,44	0,000011	1,2	1,3
17 - Cu	mg/l	0,091	0,00042	0,28	10
18 - Fe	mg/l	5,0	0,43	14	15
19 - K	mg/l	150	351	437	87
20 - Mg	mg/l	70	92	212	47
21 - Mn	mg/l	0,10	0,22	0,28	0,47
22 - Na	mg/l	25	139	69	85
23 - Ni	mg/l	0,095	0,06	0,27	0,56
24 - P	mg/l	1,2	1,1	4,7	4,7
25 - Sr	mg/l	0,27	1,7	0,75	2,3
26 - Ti	mg/l	0,17	0*	0,46	0,28
27 - Zn	mg/l	0,00067	0,00032	0,0029	0,04

Parametri	Yksikkö	4 – Konttijärven sivukivialue	5 – Konttijärven rikki-pitoisen sivukiven läjitysalue	6 – Ahmavaaran sivukivialue	7 – Ahmavaaran rikki-pitoisen sivukiven läjitysalue
28 - Cl	mg/l	0,87	34	2,9	8,2
29 - F	mg/l	0,10	1,0	0,28	0,28
30 - SO ₄ ²⁻	mg/l	169	817	581	5083
31 - NO ₃	mg/l	12	80	32	32
32 - NO ₃ -N	mg/l	2,6	18	7,2	7,3
33 - NH ₄ ⁺	mg/l	15	6,2	40	41
34 - NH ₄ -N	mg/l	11	4,8	31	32
35 - NO ₂	mg/l	0*	0*	0*	0*
36 - NO ₂ -N	mg/l	0*	0*	0*	0*
37 - N	mg/l	14	23	39	39

*** Parametrille ei ole laatuarviota, joten mallissa on käytetty pitoisuutta 0 mg/l.**



Kuva 4-1. Periaatekuva siitä, mihin vesikierron osakohteisiin tuotettuja vedenlaatuarvioita on käytetty. Numerokoodit (keltaisella pohjalla) viittaavat taulukoissa 4-1 ja 4-2 käytettyyn numerointiin.

4.3 Mallinnettu vesivarastoaltaan veden laatu ennen käsittelyä

Edellä esitettyjen vesilaatuarvioiden ja tarkastelutilanteen 1 mukaisen vesitaseeseen perusteella mallinnettu vesivarastoaltaan veden laatu ennen lähtevän veden käsittelyä on esitetty taulukossa 4-3. Veden laadun osalta taulukossa on kuvattu mallinnetut minimi- ja maksimi- ja keskiarvot. Mallinnettua vesilaatua on verrattu sovellettuihin ympäristölaatuunormeihin (EQS). Vertailun tarkoituksena on lähtökohtaisesti indikoida ne parametrit, joiden pitoisuuksiin tulisi vaikuttaa vedenkäsittelyllä ennen veden purkamista vesistöön.

Taulukko 4-3. Mallinnettu vesivarastoaltaan veden laatu ennen lähtevän veden käsittelyä. Keltaiset solut merkitsevät sovellettujen EQS-arvojen ylityksiä.

Parametri	Minimi (mg/l)	Maksimi (mg/l)	Medi-aani (mg/l)	Keski-arvo (mg/l)	EQS (mg/l)	EQS Lähde
01 - As	0,0002	0,006	0,003	0,003	0,1	1
02 - Ba	0,1	0,5	0,3	0,3		
03 - Be	0,001	0,01	0,007	0,006		
04 - Cd	0,0003	0,003	0,002	0,001	0,01	2
05 - Co	0,002	0,02	0,01	0,01		
06 - Mo	0,01	0,1	0,05	0,04		
07 - Pb	0,002	0,02	0,01	0,01	0,2	1
08 - Sb	0,002	0,01	0,01	0,01		
09 - Se	0,01	0,1	0,03	0,03		
10 - Sn	0,001	0,01	0,01	0,005		
11 - Th	0,005	0,05	0,03	0,02		
12 - U	0,001	0,003	0,002	0,002	0,03	3
13 - V	0,02	0,2	0,1	0,1		
14 - Al	0,6	2,6	1,6	1,5	0,5	4
15 - Ca	51	464	226	210		
16 - Cr	0,04	0,5	0,3	0,3	0,1	1
17 - Cu	0,01	1,7	0,7	0,6	0,3	1
18 - Fe	0,5	6,2	3,5	3,0	2	1
19 - K	64	140	111	109		
20 - Mg	22	68	50	48		
21 - Mn	0,04	0,2	0,1	0,1		
22 - Na	35	61	46	47		
23 - Ni	0,02	0,2	0,1	0,1	0,3	4
24 - P	0,3	2,1	1,2	1,1	0,3	5
25 - Sr	0,3	0,6	0,4	0,4		
26 - Ti	0,02	0,2	0,1	0,1		
27 - Zn	0,002	0,01	0,01	0,01	0,5	1
28 - Cl	5	26	14	15		
29 - F	0,1	0,3	0,2	0,2		

Parametri	Minimi (mg/l)	Maksimi (mg/l)	Medi-aani (mg/l)	Keski-arvo (mg/l)	EQS (mg/l)	EQS Lähde
30 - SO₄²⁻	133	985	495	464	2000	4
31 - NO₃	11	17	14	14		
32 - NO₃-N	2,5	3,8	3,1	3,2		
33 - NH₄⁺	2,4	18	10	9,3		
34 - NH₄-N	1,8	14	8,1	7,2		
37 - N	4	17	11	10	15	4

EQS Lähteet:

- [1] IFC Effluent Guideline 2017
- [2] VNa 1022/2006
- [3] Juomavesiasetus 1352/2015
- [4] Kaivosten viimeaikaiset ympäristöluvut
- [5] Napapiirin Energia ja Vesi Oy: Alakorkalon jätevedenpuhdistamon ympäristöluva (Nro 27/2016/1)

4.4 Lähtevän veden käsittely

4.4.1 Vedenkäsittelytarve

Vesivarastoaltaalta Kemijokeen johtavaan purkupuutkeen purettava vesi käsitellään aktiivisessa vesienkäsittelyprosessissa ennen johtamista pois kaivosalueelta. Vesivarastoaltaan veden pitoisuus- ja kuormitusarvioiden perusteella vedenkäsittelyssä tulee varautua metallien poistoon (Al, Cr, Cu, Fe sekä jossain määrin myös Ni ja Zn). Todennäköinen prosessi on saostusprosessi hydroksidisäostuksena. Taulukossa 4-3 esitetyt fosforipitoisuudet ovat todennäköisesti yliarvioita, joskin saostusprosessilla voitaisiin vaikuttaa myös fosforipitoisuuteen.

Vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan mahdollisia käsittelyvaihtoehtoja ovat sakan läjitys kaivosalueella, yhdistäminen rikasteeseen tai sakan käsittelyn hankinta ostopalveluna vaarallisen jätteen loppusijoituslaitokselta.

4.4.2 Prosessin kuvaus

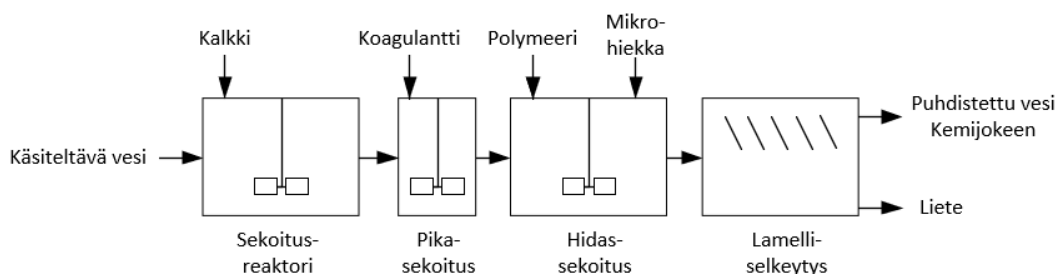
Yleisin aktiivinen kaivosvesien puhdistusmenetelmä on hydroksidi- ja/tai karbonaattisaostus kalsiumoksidilla, kalsiumhydroksidilla, kalsiumkarbonaatilla tai vaihtoehtoisesti natriumhydroksidilla. Saostuksessa nostetaan veden pH-arvoa, jolloin mm. metallien ja sulfaatin liukoisuus veteen pienenee ja haitta-aineet muodostavat hydroksidi- tai karbonaattisakkaa. Menetelmällä voidaan saostaa metalleja ja raskasmetalleja kuten nikkeliä, sinkkiä ja kobolttia. Hydroksidisäostuksella ei voida poistaa sulfaattia, jos käsiteltävän veden sulfaattipitoisuus on matala. Vastaavasti paljon sulfaattia sisältävästä vedestä sitä on saostettu

noin tasolle 1,5–2 g/l. Hydroksidisaostusta ei voida käyttää kloridien ja typ-
 piyhdisteiden poistossa.

Saostustehokkuutta voidaan parantaa mm. *High Density Sludge* (HDS) -pro-
 sessilla, jossa kierrätetään sakkaa takaisin käsiteltävään vesijakeeseen. Kier-
 rätettävä sakka toimii pintana, jonka ympärille uusi saostuma voi helposti muo-
 dostua. (Brown;Barley;& Wood, 2002) (INAP, 2019) (Kauppila;Räisänen;&
 Myllyoja, 2011)

Saostuksessa muodostunut liete erotetaan vedestä ennen veden johtamista
 ympäristöön tai muualle prosessiin. Yksinkertaisimmillaan erotus voidaan tehdä
 riittävän suuressa laskeutusaltaassa, joka vaatii kohtuullisen suuren laskeutus-
 pinta-alan. Laskeutumista voidaan tehostaa kemikaaleilla, kuten sakan partik-
 kelikokoa kasvattavilla koagulanteilla ja polymeereillä, jolloin sakan laskeutu-
 minen tehostuu. Lisäksi laskeutuksessa tarvittavaa pinta-alaa voidaan pienentää
 käyttämällä lamelliselkeyttäjiä. Lamelliselkeytystä voidaan tehostaa entis-
 tään käyttämällä mikrohiiekkaa, joka toimii siemenkiteenä flokin muodos-
 tuksessa ja edistää partikkeleiden laskeutumista. Mikrohiiekka voidaan erottaa
 sakasta ja käyttää prosessissa uudelleen.

Kuvassa 4-2 on esitetty esimerkki mahdollisesta saostusprosessista. Sekoitus-
 reaktorissa lisätään kalkkia käsiteltävään veteen pH-arvon nostamiseksi. Tä-
 män jälkeen veteen lisätään pikasekoituksessa koagulanttia, joka edistää kiin-
 toaineen ja mahdollisesti myös joidenkin liukoisten haitta-aineiden erotusta.
 Pikasekoituksesta vesi virtaa hidassekoitukseen flokin muodostukseen. Tässä
 vaiheessa veteen voidaan lisätä polymeeriä partikkelikoon kasvattamiseksi ja
 mikrohiiekkaa laskeutuksen tehostamiseksi. Tämän jälkeen muodostunut sakka
 erotetaan lamelliselkeyttimellä. Jos mikrohiiekkaa käytetään, se otetaan talteen
 lamelliselkeyttimen pohjalle laskeutuvasta lietteestä ja käytetään uudelleen.
 Esimerkiksi Veolian patentoima Actiflo®-prosessiteknologia perustuu mikro-
 hiekkavusteiseen selkeytykseen. Lisäksi esimerkiksi Actiflo® on modulaari-
 nen, jolloin vedenkäsittelyn kapasiteettia voidaan nostaa vaiheittain lisäämällä
 yksiköiden määrää.



Kuva 4-2. Esimerkki vedenkäsittelyprosessista.

4.4.3 Prosessin puhdistusteho

Taulukossa 4-4 on esitetty vedestä käsiteltävät haitta-aineet sekä niiden arvioidut pitoisuudet vedenkäsittelyn jälkeen. Vedenkäsittelyssä poistettavien aineiden pitoisuuksia on arvioitu kirjallisuudesta teoreettisten minimiliukoisuuksien perusteella (Metcalf & Eddy, 2003; SENES Consultants Limited, 1994; Garbarino; Orveillon; Saveyn; Barthe; & Eder, 2018). Hydroksidisaostuksessa vesivarastoaltaalta lähtevän veden pH nostetaan aineiden minimiliukoisuusalueelle. Tässä tapauksessa paras saostustulos saadaan, kun pH-arvo on noin tasolla 9.

Käsitellyn veden haitta-ainepitoisuuksiin vaikuttaa myös keraasaostuminen. Keraasaostumisessa esimerkiksi metallit sitoutuvat toisen aineen saostumisen yhteydessä muodostuvaan sakkaan mm. adsorptiolla tai sulkeutumalla sakan sisään, vaikka aineen pitäisi olosuhteiden puolesta olla liukoisessa muodossa. Tämä voi vähentää veden haitta-ainepitoisuuksia alle teoreettisten minimiliukoisuusarvojen. Keraasaostumisen määrää on kuitenkin vaikea arvioida kirjallisuuden perusteella ja sen vuoksi taulukossa esitetyissä ei ole huomioitu sen vaikutusta.

Taulukko 4-4. Vesienkäsittelyssä erotettavat alkuaineet ja arvio saavutettavasta pitoisuudesta.

Alkuaine	Pitoisuus (mg/l)	EQS (mg/l)	EQS Lähde
Alumiini Al	0,5	0,5	4
Kromi Cr	0,05	0,1	1
Kupari Cu	0,1	0,3	1
Rauta Fe	2	2	1
Fosfori P	0,3	0,3	5

EQS Lähteet:
[1] IFC Effluent Guideline 2017
[2] VNa 1022/2006
[3] Juomavesiasetus 1352/2015
[4] Kaivosten viimeaikaiset ympäristöluvat
[5] Napapiirin Energia ja Vesi Oy: Alakorkalon jätevedenpuhdistamon ympäristöluva (Nro 27/2016/1)

Edellä esitettyjen pitoisuuksien lisäksi käsittelyprosessilla voidaan saavuttaa nikkelin ja sinkin suhteen pitoisuus 0,2 mg/l, mikäli tulevan veden pitoisuus ylittäisi tämän pitoisuuden.

4.4.4 Vesienkäsittelykemikaalit

Ehdotetussa vesienkäsittelyprosessissa käytetään kalkkia (CaO tai Ca(OH)₂) metallien saostamiseen sekä mahdollisesti koagulanttia ja polymeeriä muodostuneen sakan laskeutuksen edistämiseen. Koagulantti voi olla esimerkiksi rauta(III)sulfaattia (Fe₂(SO₄)₃). Vaihtoehtoisia koagulantteja ovat mm.

ferrikloridi ja alumiinipohjaiset koagulantit. Soveltuvien kemikaalien valitaan myöhemmin kokeellisesti.

Taulukossa 4-5 on arvioitu kemikaalien kulutusta. Kulutus on arvioitu tuotantovuosien 2–13 keskimääräisen virtaaman mukaan. Kalkin annostelumääräksi on arvioitu 0,05–0,15 kg/m³, koagulantin 0,04–0,150 kg/m³ ja polymeerin 0,001–0,002 kg/m³. Kemikaalien todellinen annostelutaso määräytyy myöhemmin kokeiden perusteella.

Kalkin syötössä veteen lisätään kalsiumioneja arviolta 27–81 mg/l. Kalsiumin on arvioitu saostuvan, mutta jossain tilanteissa on mahdollista, että syötetty kemikaali nostaa hieman veden kalsiumpitoisuutta. Koagulantin käyttö lisää veden sulfaattipitoisuutta käsitellyssä vedessä noin 29–108 mg/l. Koagulantin syötössä lisätään veteen myös rautaa noin 11–42 mg/l, mutta sen ei ole arvioitu jäävän liukoiseen muotoon. Polymeerin on arvioitu poistuvan vedestä kiintoaineeseen.

Saostuksessa kalkin syöttö nostaa veden pH:ta. On mahdollista, että vedenkäsittelyn jälkeen purkupuutteen johdettavan veden pH-arvoa joudutaan tarvittaessa neutraloimaan esimerkiksi rikkihapolla (H₂SO₄), jotta lupaehtojen mukaista pH-tasoa ei ylitetä. Rikkihappo lisää veden sulfaattipitoisuutta. Hapon syöttö tehdään käsitellyn veden pH-mittauksen perusteella ja syöttömäärän on arvioitu olevan vähäinen. Tarkkaa pitoisuuslisää ei tässä vaiheessa tiedetä.

Taulukko 4-5. Arvioidut vesienkäsittelykemikaalien aiheuttamat pitoisuuslisät ja arvioitu kemikaalikulutus.

Kemikaali	Käyttötarkoitus	Pitoisuuslisä	Kulutus (t/v)
Ca(OH)₂	Saostuskemikaali	Ca saostuu	220–660 t/v
Optio: Fe₂(SO₄)₃	Koagulantti	SO ₄ n. 29 - 108 mg/l Fe saostuu	350–700 t/v
Optio: Polymeeri	Saostuksen apuaine	Ei pitoisuuslisää	4–9 t/v
Optio: Happo, esim. rikkihappo	pH:n säätökemikaali	Vähäinen SO ₄ li-säys	vähäinen

Käytettävästä saostusprosessista riippuen kiintoaineen laskeutusta voidaan tehostaa mikrohiekalla. Mikrohiekan ei ole arvioitu lisäävän veden haitta-ainepitoisuuksia. Hiekkaa voidaan erottaa muodostuneesta sakasta ja käyttää uudelleen prosessissa.

4.5 Kuormitus purkupuutteen kautta Kemijokeen

Taulukossa 4-6 on esitetty keskimääräinen purkupuutteen johdettavan veden laatu käsittelyn jälkeen. Vuositason mallinnetut kuormitukset keskimääräisessä

tilanteessa (vesitaseen tarkastelutilanne 1) sekä erikseen mallinnetussa 1/10 vuodessa toistuvan vähäsateisen vuoden tilanteessa on esitetty erikseen liitteessä 3.

Kuormitusarvioissa vesijakeiden laatu on arvioitu pysyvän muuttumattomana ja muutokset eri toimintavuosien vesistö päästöissä johtuvat yksinomaan ympäristöön purettavan vesimäärän muutoksista. Todellisuudessa vesijakeiden laadussa tapahtuu muutoksia eri kuukausien välillä ja kuukausien sisälläkin. Vedenlaadun muutokset ovat kuitenkin riippuvaisia monesta vaikeasti ennakoitavasta tekijästä, minkä johdosta arvioinnissa on käytetty keskimääräisiä vedenlaatuja.

Taulukko 4-6. Mallinnettu keskimääräinen purkupuutteen johdettavan veden laatu käsittelyn jälkeen.

Parametri	Pitoisuus	Veden laatu käsittelyn jälkeen	EQS	EQS Lähde
01 - As	mg/l	0,003	0,1	1
02 - Ba	mg/l	0,3		
03 - Be	mg/l	0,01		
04 - Cd	mg/l	0,002	0,01	2
05 - Co	mg/l	0,01		
06 - Mo	mg/l	0,05		
07 - Pb	mg/l	0,01	0,2	1
08 - Sb	mg/l	0,01		
09 - Se	mg/l	0,03		
10 - Sn	mg/l	0,01		
11 - Th	mg/l	0,03		
12 - U	mg/l	0,002	0,03	3
13 - V	mg/l	0,1		
14 - Al	mg/l	0,5	0,5	4
15 - Ca	mg/l	226		
16 - Cr	mg/l	0,05	0,1	1
17 - Cu	mg/l	0,1	0,3	1
18 - Fe	mg/l	2,0	2	1
19 - K	mg/l	111		
20 - Mg	mg/l	50		
21 - Mn	mg/l	0,1		
22 - Na	mg/l	46		
23 - Ni	mg/l	0,09	0,3	4
24 - P	mg/l	0,3	0,3	5
25 - Sr	mg/l	0,4		
26 - Ti	mg/l	0,1		
27 - Zn	mg/l	0,01	0,5	1

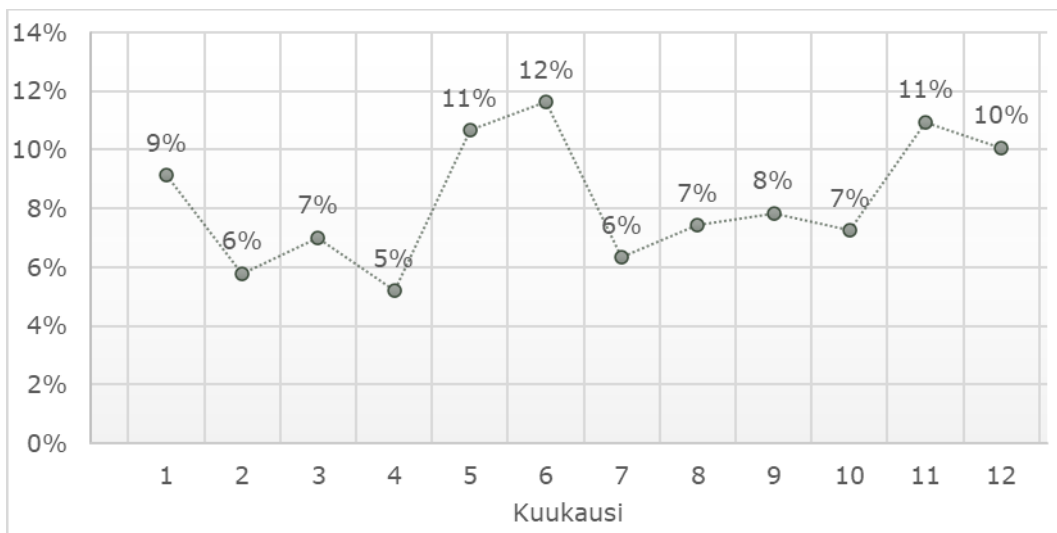
28 - Cl	mg/l	14		
29 - F	mg/l	0,20		
30 - SO₄²⁻	mg/l	595	2 000	4
31 - NO₃	mg/l	14		
32 - NO₃-N	mg/l	3,1		
33 - NH₄⁺	mg/l	10		
34 - NH₄-N	mg/l	8,1		
37 - N	mg/l	11	15	4

EQS Lähteet:

- [1] IFC Effluent Guideline 2017
- [2] VNa 1022/2006
- [3] Juomavesiasetus 1352/2015
- [4] Kaivosten viimeaikaiset ympäristöluvut
- [5] Napapiirin Energia ja Vesi Oy: Alakorkalon jätevedenpuhdistamon ympäristöluva (Nro 27/2016/1)

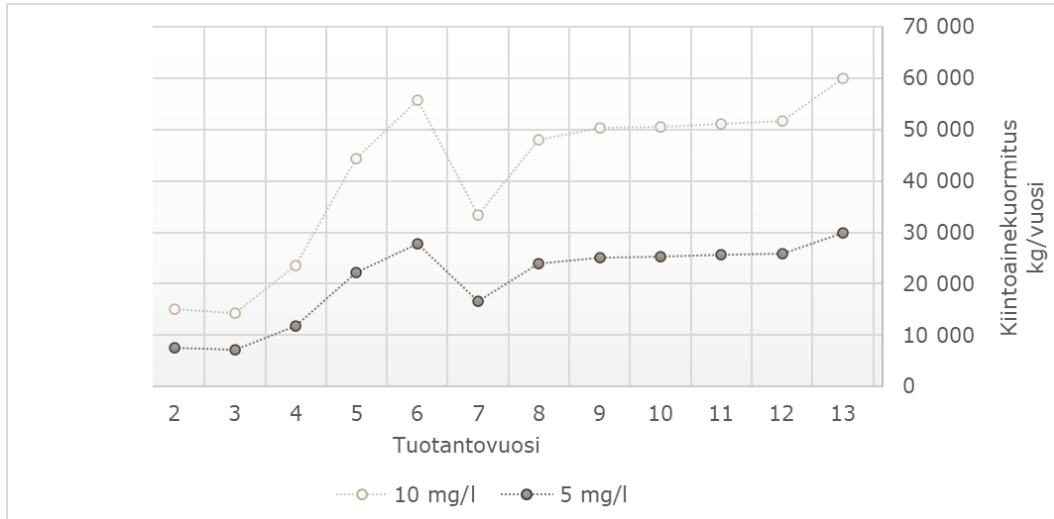
Elohopea ei ole sisällynyt kaikkiin laadittuihin vesilaatumalleihin ja siksi elohopeakuormitusta ei ole mallinnettu ja raportoitu. Elohopeapitoisuudet tulevat olemaan kuitenkin selvästi valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaisen 0,005 mg/l pitoisuusrajan alapuolella.

Kuten liitteessä 3 on esitetty, kuormitus on suurimmillaan tuotantovuonna 13 mallinnetun purkuvesivirtaamankin ollessa suurimmillaan. Mallin mukainen mediaanilukuihin perustuva kuormituksen keskimääräinen jakautuminen eri kuukausille on esitetty kuvassa 4-3. Niukkasateisen 1/10 vuodessa toistuvan vuoden mallinnettu vuosikuormitus on parametrissa riippuen 51–68 % keskimääräisen vuoden mallinnetusta kuormituksesta.



Kuva 4-3. Vesi- ja kuormatase mallin mukainen vuosikuormituksen keskimääräinen jakauma eri kuukausille.

Kiintoainekuormitus eri tuotantovuosille on arvioitu erikseen purkuvesimäärien ja lähtevän veden kiintoainepitoisuuden perusteella. Kuormitus on määritetty erikseen pitoisuuksilla 5 mg/l ja 10 mg/l (kuva 4-4). Tuotantovuodelle 13 arvioitu kiintoainekuormitus on enimmillään 60 000 kg/vuosi.



Kuva 4-4. Arvioitu kiintoainekuormitus eri tuotantovuosille. Arvio perustuu mallinnettuihin keskimääräisiin purkuvesimääriin ja lähtevän veden keskimääräiseen kiintoainepitoisuuteen (5...10 mg/l).

4.6 Kemikaalijäämät

Prosessivesi sisältää kemikaalijäämiä käytetyistä rikastuskemikaaleista. Keskeisiä käytettäviä prosessikemikaaleja ovat pH:n säätökemikaalit, vaahdotteet, kokoojat ja painajat. Suhangon rikastusprosessissa pH:n säätämisessä käytetään sammutettua kalkkia ja rikkihappoa. Vaahdotteena käytetään metyyliisobutyylis-karbinolia (MIBC) ja kokoojina natrium-etyyli-ksantaattia (SEX), tionokarbamaattia (Aero 3894) sekä natrium-dibutyyliditiofosfaattia (Aero 3477). Painajia ovat karboksyyli metyyliiselluloosa (CMC, Depramin C) ja keltainen dekstriini. Mahdollisia kemikaalijäämiä ovat ksantaattijäämät (natrium-etyyli-ksantaatti).

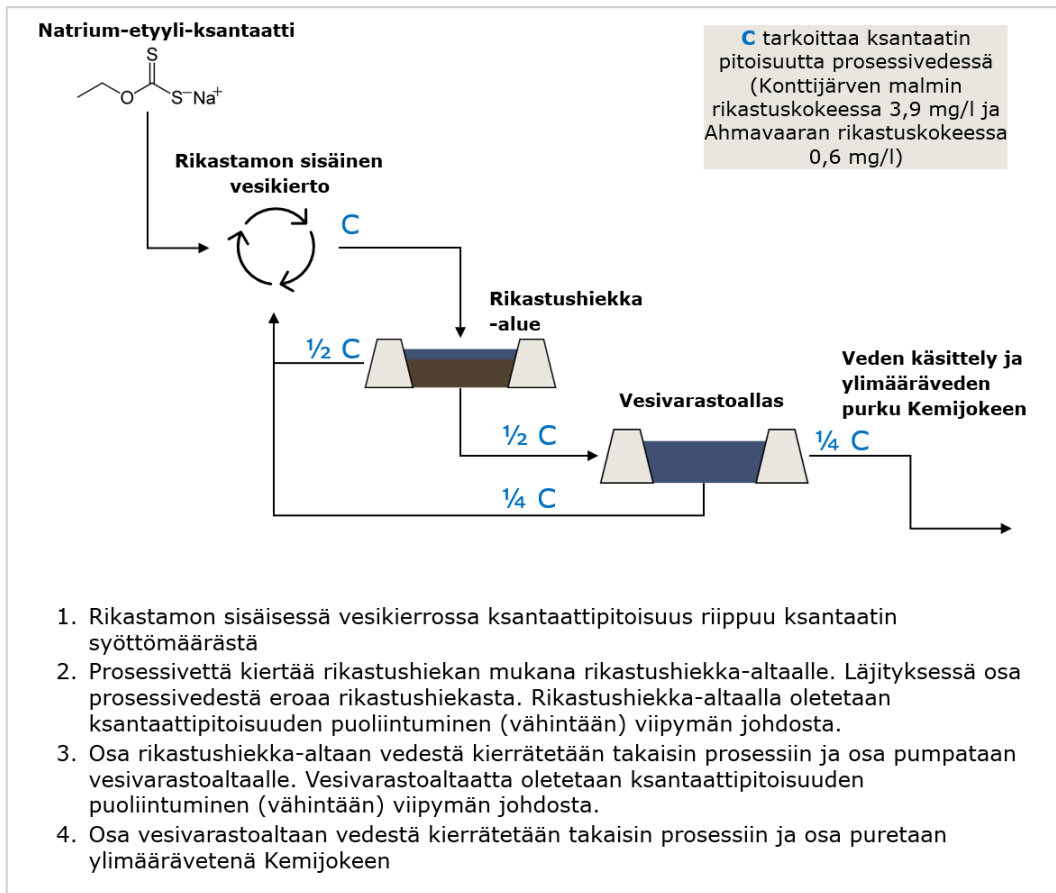
Ksantaattiyhdisteitä käytetään kaivosteollisuudessa kokoojakemikaaleina sulfidimalmien vaahdotuksessa. Ksantaattimolekyylissä on sekä polaarinen että ei-polaarinen pää. Tämä tarkoittaa sähkövarauksellista ja sähkövarauksetonta päätä ja samaan aikaan veteen pyrkivää ja vettä hylkivää päätä. Polaarinen pää ksantaattimolekyylistä tarttuu sulfidirakeisiin ja ei-polaarinen pää vaahdotuksen ilmakupliin. Näin metallit saadaan nostettua vaahdotuskennon pinnalle. Rikastamon normaaliin toimintaan kuuluu, että prosessiveden kemikaalijäämäpitoisuuksia mitataan tuotannon aikana ja kemikaalien käyttöä optimoidaan.

Ksantaattijäämiä ja niiden pitoisuuksia on tässä vaiheessa arvioitu riskitarkastelutasolla. Suhangon rikastuskokeiden prosessivesien ksantaattijäämiä on

mitattu Outotecin toimesta UV/Vis spektroskopiolla³ (Outotec, 2020). Analysoidusta rikastushiekasta erottuvan prosessiveden kemikaalijäämäanalyyseistä on johdettu laaditun vesitaseen avulla arviot pitoisuuksista vesivarastoaltaan vedelle. Vesivarastoaltaalta vesi kierrätetään joko takaisin prosessiin tai johdetaan lähtevän veden käsittelyyn. Vedelle tehtiin viipymälaskenta rikastushiekka-alueella ja kaivoksen vesivarastoaltaalla hyödyntäen vesitasetta. Natrium-etyyli-ksantaatin puoliintumisaika ylittyi selvästi molemmissa altaissa koko laskenta-ajalla (toimintavuodet 1-13). Laskennassa sovelletut puoliintumisajat lievästi emäksisissä olosuhteissa ovat 5 °C vedessä 72 vrk ja 20 °C vedessä 13 vrk (Sun & Forsling, 1997). Laskelma on teoreettinen ja puoliintuminen on oletettu jokseenkin lineaariseksi. Todellisuudessa pienten pitoisuuksien hajoamisesta on tietoa saatavilla hyvin vähän. Periaatekuva riskitarkastelutasolla tehdystä ksantaattilaskennasta on esitetty kuvassa 4-5. Laskennassa suoritettiin seuraavat vaiheet:

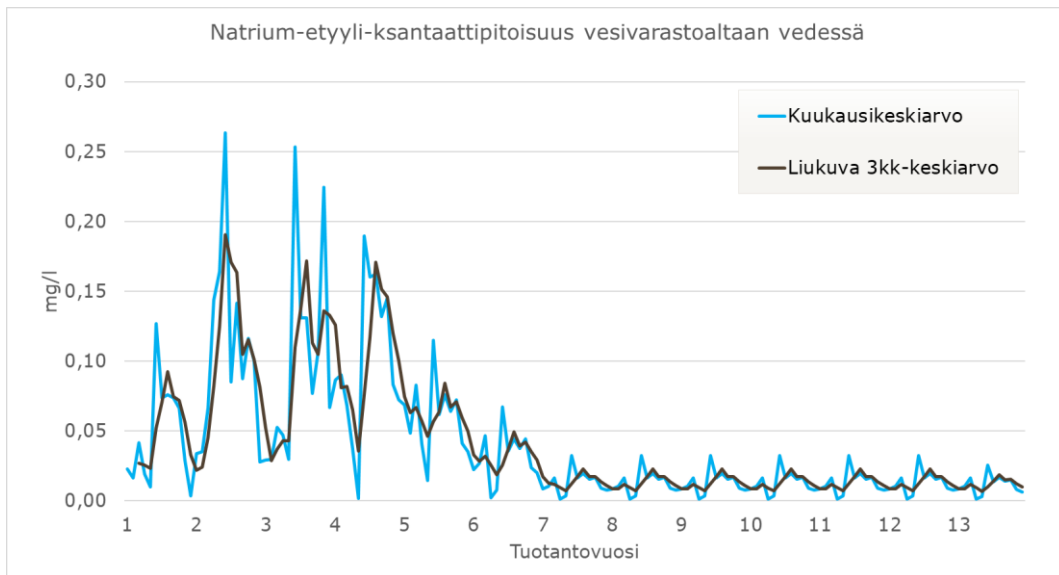
1. Rikastamon sisäisessä vesikierrossa ksantaattipitoisuus riippuu ksantaatin syöttömäärästä. Laskennan lähtökohtana olivat kemikaalijäämien mittaukset suljetun kierron rikastuskokeesta (Outotec, 2020). Tässä yhteydessä käytetty rikastuskoe oli kuitenkin liian lyhyt vesikierron tasapainotilan saavuttamiseen ja kokeen edetessä ksantaattipitoisuus pieneni. Laskennan lähtöpitoisuus (ksantaattipitoisuus kierroksella 8) edustaa siis yliarviota. Konttijärven malmin rikastuskokeessa ksantaattipitoisuus (3,9 mg/l) oli Ahmavaaran malmin rikastuskoeetta (0,6 mg/l) korkeampi, joskin Konttijärven malmin kokeessa ksantaatin pitoisuustrendi oli kokeen edetessä voimakkaammin laskeva kuin Ahmavaaran malmin rikastuskokeessa.
2. Prosessivettä kiertää rikastushiekan mukana rikastushiekka-altaalle. Läjityksessä osa prosessivedestä eroaa rikastushiekasta. Rikastushiekka-altaalla oletetaan ksantaattipitoisuuden puoliintuminen viipymän johdosta.
3. Osa rikastushiekka-altaan vedestä kierrätetään takaisin prosessiin ja osa pumpataan vesivarastoaltaalle. Pitoisuuden ja vesitasemallin mukaisen rikastushiekka-alueelta vesivarastoaltaalle purettavan veden määrän tulona laskettiin vesivarastoaltaalle päätyvä ksantaattikuorma, joka jaettiin vesivarastoaltaan kunkin kuukauden vesitilavuudella.
4. Vesivarastoaltaatta oletetaan ksantaattipitoisuuden puoliintuminen edelleen viipymän johdosta. Tuloksena saatiin karkea arvio kuukausittaisista natrium-etyyli-ksantaattipitoisuudesta vesivarastoaltaalla (kuva 4-6).
Osa vesivarastoaltaan vedestä kierrätetään takaisin prosessiin ja osa puretaan ylimäärävetenä Kemijokeen.

³ Aallonpituus 301 nm



Kuva 4-5. Periaatekuva riskitarkastelutasolla tehdystä ksantaattilaskennasta, jolla on määritetty ksantaattijäämämäärät vesivarastoaltaan vedessä.

Laskennan mukaan natrium-etyyli-ksantaatin pitoisuudet olisivat vesivarastoaltaalla eri kuukausina 1–260 µg/l (kuva 4-6). Arvio on riskiperusteinen yliarvio. Lopullisia purkuvesien tai vastaanottavan vesistön kemikaalijäämämääriä ei ole mahdollista laskea tarkasti. Alustava arvio maksimisuuruusluokasta on kuitenkin määritetty keskiarvoisilla vesivarastoaltaan teoreettisilla pitoisuuksilla, vesitaseen mukaisilla purkuvesimäärillä ja Kemijoen keskiarvovirtaamilla Ossauskosken altaalla. Suuruusluokka-arvio on, että Kemijoen natrium-etyyli-ksantaatin pitoisuus tulee olemaan alle mikrogramman luokkaa.



Kuva 4-6. Natrium-etyyli-ksantaattijäämien riskiperusteisen arvion tueksi laadittu vesitasemallin mukainen kuvaaja natrium-etyyli-ksantaatin pitoisuuksista vesivarastoaltaan vedessä. Laskennassa tehtyjen karkeiden oletusten vuoksi tulos on yliarvio.

5 EPÄVARMUUDEN TARKASTELU

5.1 Oletukset ja yleistyksiset

Malli ja siitä raportoidut tulokset on tehty analyttisenä mallina ja mallin tulokset kuvaavat siten vain malliin syötettyjen parametrien mukaan laskettua tulosta. Malli ei lähtökohtaisesti ole todennäköisyysmalli. Aluevesitasemallin tärkeimmät syötteet liittyvät ilmastoon, suunniteltuihin toimintoihin ja alueiden käyttöön, tuotantoon sekä louhosten kuivanapitoon (kuva 5-1). Lisäksi kuormatase mallin syötteet muodostetaan geokemiallisten mallien tuloksena. Käytetyt mallinnuksen lähtöoletukset on kuvattu kappalessa 3.2.



Kuva 5-1. Kaivoksen aluevesitasemallin syötteen ja niiden kategorisointi (Jarvie-Eggart, 2015) (mukaillen).

Kohteeseen laaditussa mallissa oletetaan lähtökohtaisesti:

- Vain aktiivisille toiminta-alueille tuleva sadanta ja siitä muodostuva valunta kerätään. Toiminta-alueiden ulkopuoliset vedet johdetaan kaivoksen vesikierron ohi nk. puhtaina vesinä.
- Tuotantovaiheen vesikierto on kohdassa 2 esitetyn mukainen ja toimintojen pinta-alat kehittyvät liitteessä 1 esitetyn mukaisesti. Läjitysalueet suljetaan sitä mukaa, kun läjitystoiminta päättyy ja tällöin alueet poistuvat kaivoksen vesikierrosta.

Kuormitustase on mallinnettu vesitaseen päälle nk. laimenemismallina. Vesialtaissa tapahtuvaa mahdollista kemiallista saostumista ei ole huomioitu. Vesienkäsittelyprosessin osalta kuormataseessa on huomioitu käsiteltyjen komponenttien pitoisuusleikkausten lisäksi keskimääräinen arvio vesienkäsittelykemikaalien aiheuttamista kuormituslisistä.

Suhanko-Pohjoinen tulee vesitasemalliin mukaan tuotantovuonna 13. Suhanko-Pohjoisen osalta ei ole tässä vaiheessa olemassa aluevesitase- ja kuormatase mallinnuksen tueksi numeerista hydrogeologista pohjavesimallia tai geokemiallisia kaivoskohtaisia vedenlaatumalleja. Tästä syystä tuotantovuodesta 13 eteenpäin vesitase- ja kuormatase mallin tuloksia tulee tulkita vain suuntaa antavina tuloksina.

5.2 Herkkyystarkastelu

5.2.1 Yleisesti vesitasemallin herkkydestä

On selvää, että aluevesitasemallinnuksen tulos riippuu suoraan malliin syötettävistä ilmastotekijöistä sekä eri toiminta-alueille syötettävistä pinta-aloista. Kokemusperäisesti tiedetään, että sateisuuden lisäksi kaivosten aluevesitasemallit ovat yleensä myös herkkiä louhoksen tai kaivoksen kuivatusvesimäärä-arvioille sekä rikastushiekan ominaisuuksille. Seuraavassa kappaleessa on tarkasteltu erikseen näiden ja muiden soveltuvien parametrien vaikutusta mallin herkkyteen.

5.2.2 Herkkyystarkastelun periaatteet

Mallin herkkyden tarkastelemiseksi laadittu analyttinen tarkastelutilanteen 1 malli muutettiin todennäköisyysmalliksi @Risk -ohjelmalla. Ohjelma suorittaa Monte Carlo -simulaation eri parametreille syötettävien todennäköisyysjakaumien mukaan. Herkkyystarkasteluun valitut parametrit, niille sovelletut jakaumat ja jakaumalle annetut asetukset on esitetty taulukossa 5-1. Kaikkien parametrien osalta todennäköisimmäksi arvoksi annettiin analyttisessä mallissa käytetty arvo. Simuloinnissa käytettiin 5 000 iteraatiota.

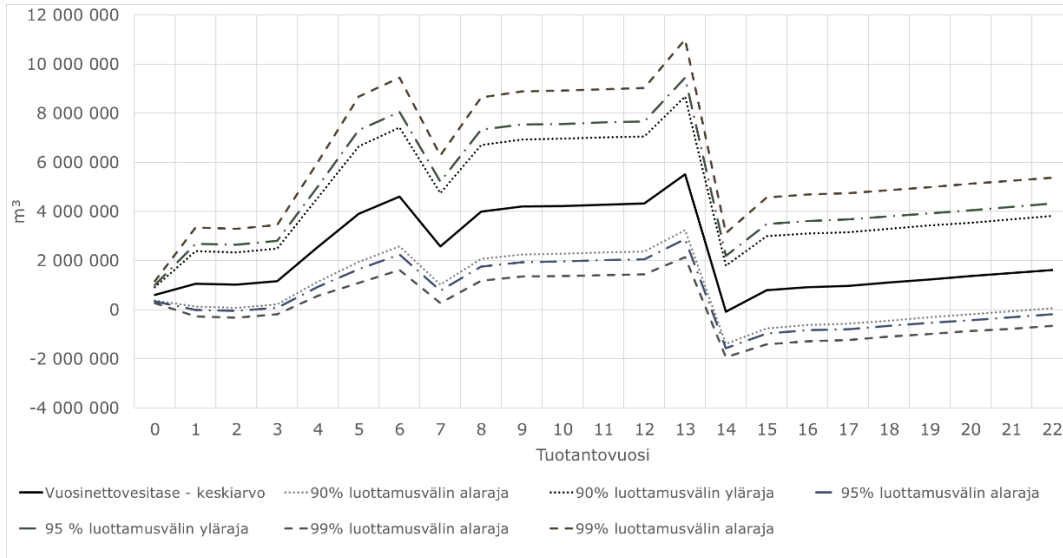
Taulukko 5-1. Tuotantovaiheen aluevesitasemallin herkkyystarkastelun parametrit.

Tarkasteltu parametri	Syötetty ja-kauma	Jakauman asetukset
Rikastushiekan kiintoainepitoisuus läjityksessä	Kolmikulmainen jakauma	Minimi: 69 % Maksimi: 73 % Todennäköisin arvo: 71 %
Pohjavesipurkauma avolouhokseen suhteessa arvioituun	Kolmikulmainen jakauma	Minimi: 0,6-kertainen Maksimi: 1,1-kertainen Todennäköisin arvo: 1,0-kertainen
Vuosisadanta	Logaritminen normaalijakauma	μ : 536,79 σ : 123,4 Shift: 96,498

5.2.3 Vuosinettovesimäärä

Todennäköisyysmallin mukainen vuosinettotase kaivoksen tuotantovaiheen eri vuosina on esitetty kuvassa 5-2. Kuvassa on kuvattu kolme luottamusväliä: 90 %, 95 % ja 99 % luottamusvälit. Kuten kuvasta havaitaan, tulokset seuraavat melko tarkasti vesitaseen tarkastelutilanteessa 2 raportoitua vaihteluväliä. Tämä johtuu siitä, että ilmastollinen vaihtelu on huomattavasti muuta asetettua parametrivaihtelua merkittävämpää.

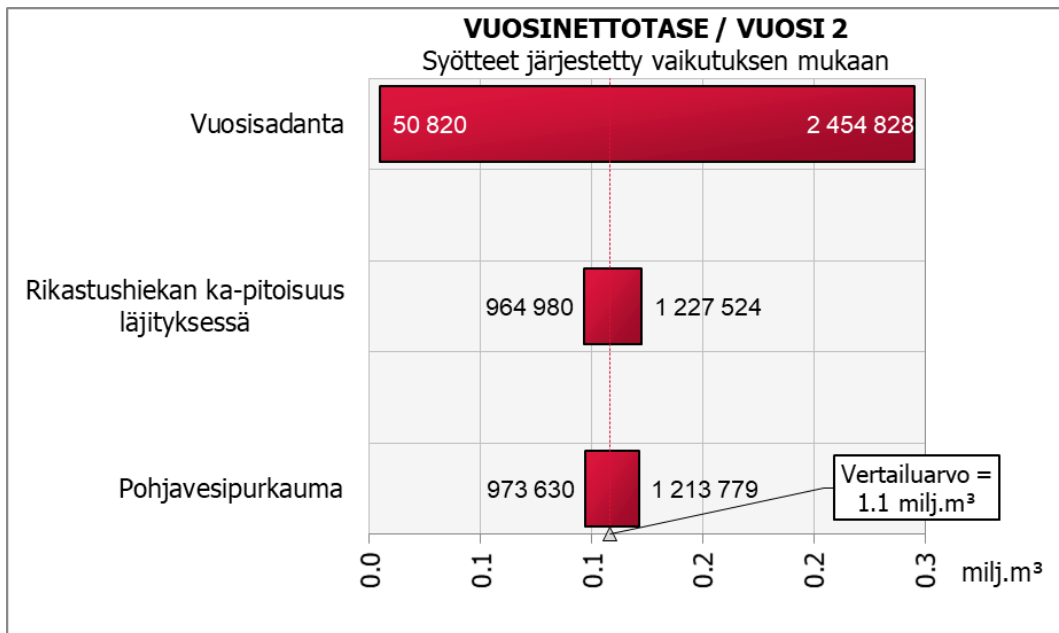
Seuraavissa kappaleissa esitetään erikseen tuotantovuosien 2 ja 13 vuosinnettotaseiden herkkyydentarkastelut.



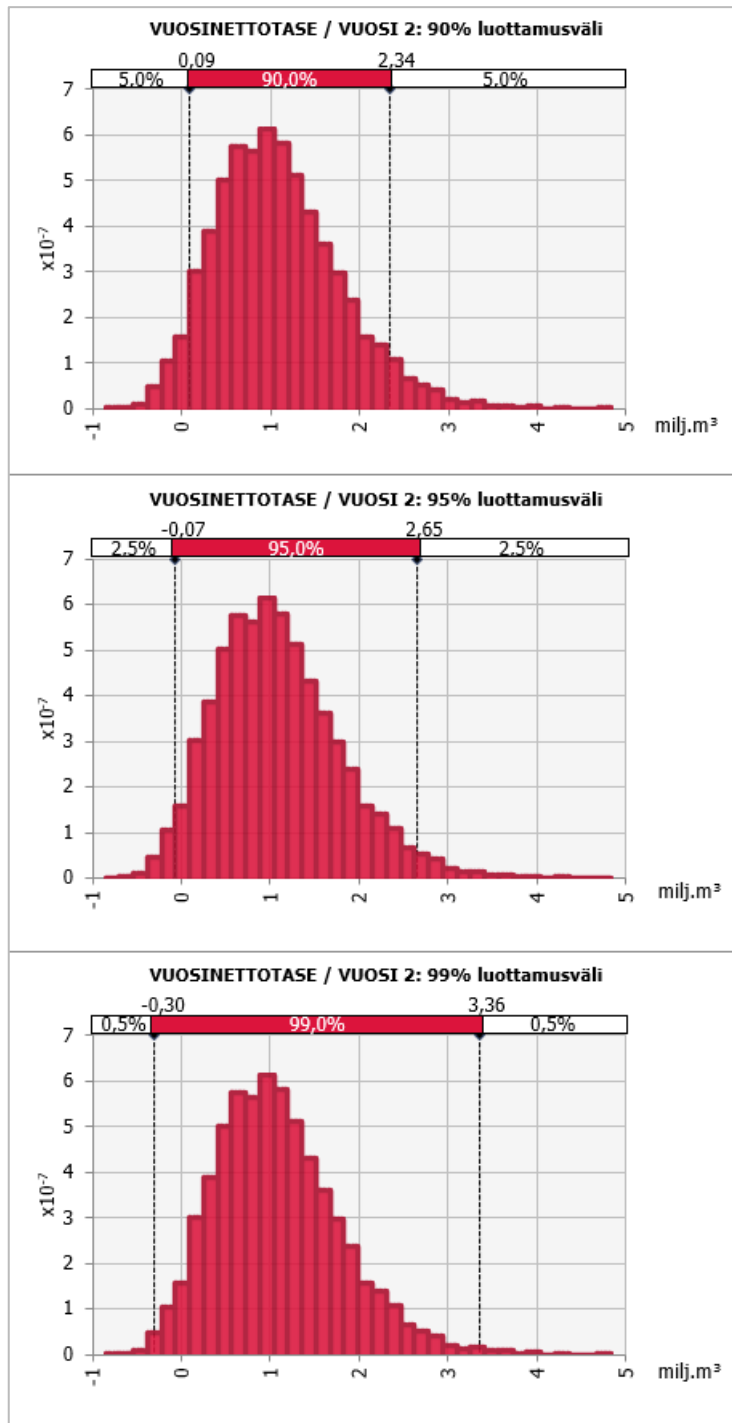
Kuva 5-2. Todennäköisyysmallin mukainen vuosinnettotase kaivoksen tuotantovaiheen aikana.

5.2.4 Tuotantovuoden 2 vuosinnettotaseen herkkyydentarkastelu

Tuotantovuonna 2 malli on ehdottomasti herkin vuosisadannan vaihtelulle, mikä käy ilmi kuvasta 5-3. Tuotantovuonna 2 vuosinnettovesitase on 90 % todennäköisyydellä välillä 0,09...2,34 milj.m³, 95 % todennäköisyydellä välillä -0,07...2,65 milj.m³ ja 99 % todennäköisyydellä välillä -0,30...3,36 milj.m³ (kuva 5-4).



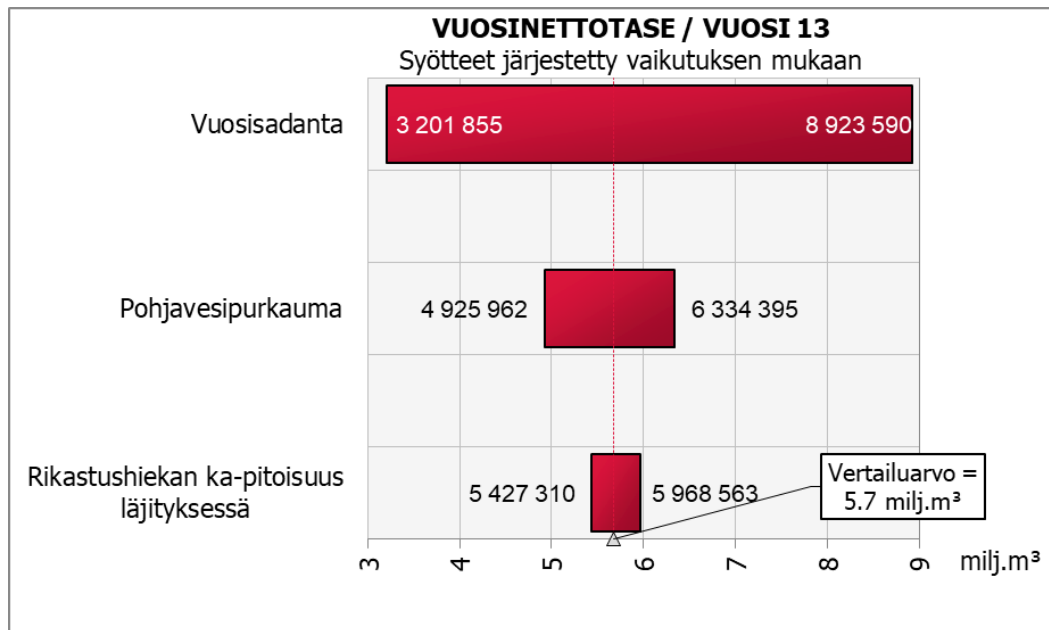
Kuva 5-3. Tuotantovuoden 2 vuosinettotaseeseen vaikuttavat syötteen suuruusjärjestyksessä.



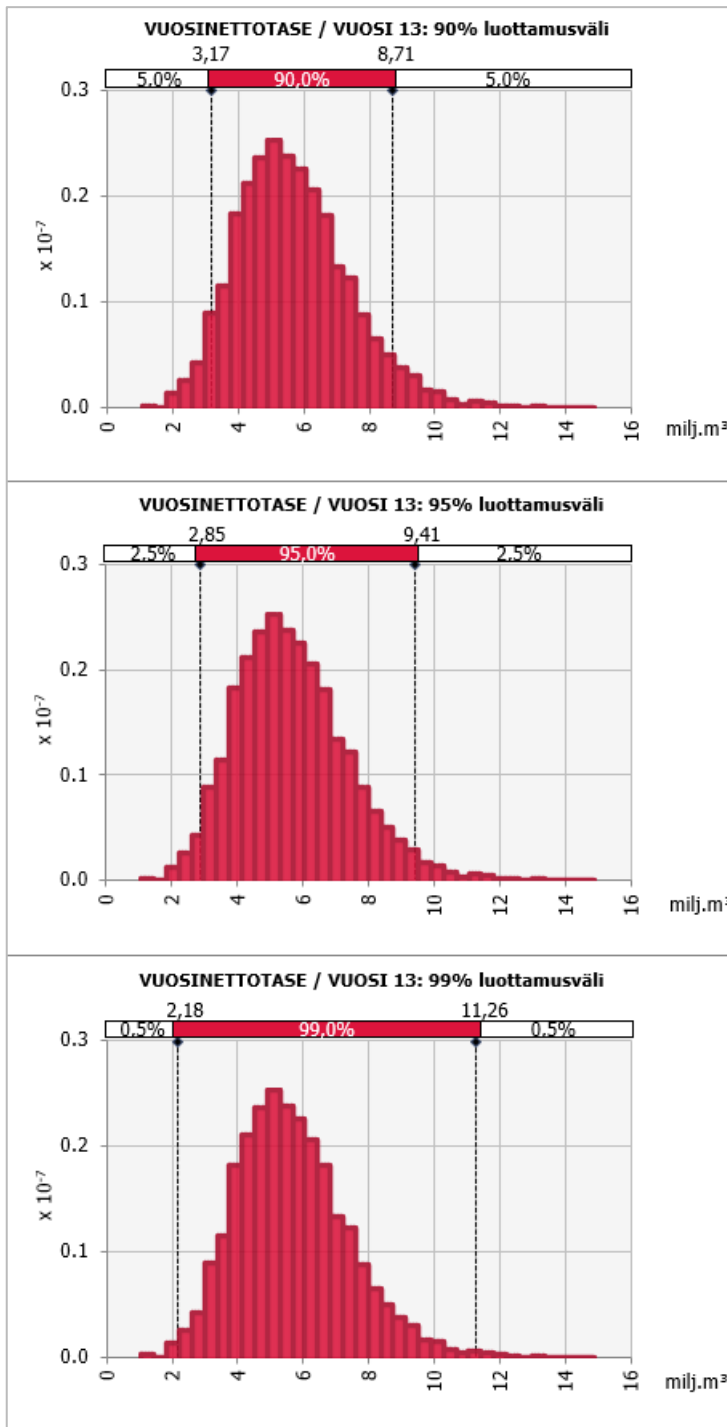
Kuva 5-4. Tuotantovuoden 2 vuosinettotaseen todennäköisyysjakauman ja jakauman arvot 90 %, 95 % ja 99 % luottamusväleillä.

5.2.5 Tuotantovuoden 13 vuosinettotaseen herkkyuden tarkastelu

Tuotantovuonna 13 malli on edelleen ehdottomasti herkin vuosisadannan vaihtelulle, mikä käy ilmi kuvasta 5-5. Tuotantovuonna 13 vuosinettovesitase on 90 % todennäköisyydellä välillä 3,17...8,71 milj.m³, 95 % todennäköisyydellä välillä 2,85...9,41 milj.m³ ja 99 % todennäköisyydellä välillä 2,18...11,26 milj.m³ (kuva 5-6).



Kuva 5-5. Tuotantovuoden 13 vuosinettotaseeseen vaikuttavat syötteen suuruusjärjestyksessä.



Kuva 5-6. Tuotantovuoden 13 vuosinettotaseen todennäköisyysjakauman ja jakauman arvot 90 %, 95 % ja 99 % luottamusväleillä.

5.2.6 Kuormataseen herkkyuden tarkastelu

Kuormataseen osalta voidaan todeta, että mallin tuottama kuormitus riippuu suoraan malliin syötetyistä suotovesilaaduista. Koska suotovesilaadut

perustuvat suurelta osin NAG-testeihin, ne edustavat konservatiivisia arvioita. Vaikka kuormatasetta ei ole laadittu poikkeuksellisille ilmastollisille tilanteille erikseen, konservatiivisista vesilaatuarvioista johtuen mallinnettujen vuosi-kuormitusten arvioidaan edustavan kaivoksen todellisten purkuputkeen johdettavien kuormitusten yläpäättä.

6 ARVIO MALLIN TULOSTEN SOVELTUVUUDESTA

Mallin avulla on pyritty kuvaamaan ja ymmärtämään kaivoksen vesikierrossa hallittavien vesijakeiden määrää, määrällistä vaihtelua eri tuotantovuosina sekä vesistöön kohdistuvaa kuormitusta. Mallin avulla on pystytty kuvaamaan koko kaivoksen tuotantovaiheen vesitase ja näkemään toimintojen ajallisen kehittymisen vaikutus kaivoksen vesikierrossa hallittavien vesien määrään ja laatuun.

Ilmastollisten ilmiöiden vaihtelua on kuvattu mallintamalla useita vaihtelevia ilmastoskenaarioita, joiden lähtöarvot on tuotettu tilastollisen analyysin keinoin. Ilmaston mahdollinen vaihtelu ymmärretään kokonaisuudessaan hyvin ja vesitasemallin sekä laaditun herkkyytarkastelun avulla pystytään kuvaamaan ilmaston vaihtelun vaikutus kaivoksen vesitaseeseen. Vaikutus onkin merkittävä, sillä esimerkiksi tuotantovuonna 13 vuosinnetovesimäärä voi vaihdella kyseisen vuoden sateisuudesta riippuen välillä 3–11 milj.m³ / vuosi.

Vaikka mallinnukseen ei ole sisällytetty erillisen ilmastonmuutosskenaarion mallinnusta, mallinnettujen vuosi- ja kuukausitason tulosten arvioidaan kuitenkin soveltuvan hyvin myös kaivoksen suunnitellun tuotantoajan muuttuvaan ilmastoon. Ilmastonmuutosennusteiden suurten ja melko suurten päästöjen skenaarioissa vuosisadannalle ennustetaan Ranualla 9 % keskimääräistä kasvua verrattuna viimeisimmän ilmastokauden (1991–2020) vuosisadantaan. Samalla kuitenkin myös lämpötilan ennustetaan nousevan muutamalla asteella, mikä kasvattaa haihdunta-arvoja. Tässä raportoidun kuukausitasolle laaditun vesitasemallin tulokset eivät ole, poikkeuksellisen sateisten tilanteiden mallinnuksesta huolimatta, suoraan sovellettavissa kaivoksen vesienhallintajärjestelmien mitoitustiedoiksi. Yksittäisten vesienhallinta-järjestelmien mitoituksessa tulee huomioida vielä erikseen poikkeukselliset rankkasateet, sateiset jaksot ja kevään ylivalumakauden virtaamat. Tällaisten tilanteiden tarkastelu esitetään osana ympäristölupahakemuksen vesienhallintasuunnitelmaa.

Laaditun vesitasemallin ja siihen yhdistettyjen vesilaatuarvioiden perusteella on pystytty kuvaamaan purkuputkeen johdettavan veden Kemijokeen kohdistuva kuormitus kaivoksen tuotantoaikana. Tulosten katsotaan soveltuvan hyvin ympäristövaikutusten arviointiin.

Malliin syötetyistä lähtötiedoista on tunnistettu, että mallin tulos on herkkä malliin syötettävälle kaivoksen kuivatusvesimäärälle sekä jossakin määrin

rikastushiekka-alueelle läjitettävän materiaalin kiintoainepitoisuudelle läjityksessä. Lisäksi kuormatase, joka laskee mallissa sekoittumiset mallin vesimäärien ja syötettyjen pitoisuustietojen pohjalta, on luonnollisesti herkkä mallissa käytettäville suotoveden pitoisuuksille. Suotoveden laatuarviot perustuvat tässä vaiheessa suurelta osin NAG-testien tuloksiin ja siten ne kuvaavat suotoveden laadun pitoisuuksien yläpäättä.

Laadittu aluevesitasemalli ei erikseen huomioi sitä, että äärimmäisen runsasvetisen kauden sattuessa yhtäaikaaisesti Ahmavaaran tuotannon ajalle, ylimääräisiä on myös mahdollista pumpata Konttijärven tuotannosta poistuneeseen avolouhokseen, joka on tuossa vaiheessa louhosjärven muodostumisvaiheessa. Täten arvioidaan, että vuositasolla purkuputken kautta pumpattava purkuveden määrä saadaan äärimmäisen sateistenkin vuosien aikana rajoitettua 6–8 milj.m³ virtaamaan. Arvio tullaan tarkentamaan vielä osana ympäristölupahakemuksen vesienhallintasuunnitelmaa, jolloin myös louhosjärvimalli tuloksiin on käytettävissä. Kuukausitason maksimipurkuvesimääräksi on mallinnettu 853 000 m³/kk, mikä vastaa keskimääräistä 1 200 m³/h virtaamaa. Mallinnuksen johtopäätöksensä todetaan, että purkuputken mitoituksessa tulee varautua 1 200 m³/h mitoitusvirtaamaan, minkä lisäksi mitoituksessa tulee huomioida tarpeellinen suunnitteluvara.

7 VIITTEET

AFRY Finland Oy. 2020. Hydrogeological Study, Numerical Groundwater Flow Modelling: A Regional Groundwater Model. Steps 3 and 4.1.

AFRY Finland Oy. 2021. Suhanko - Numerical Groundwater Flow Modelling, Detailed Modelling.

Brown, M.;Barley, B.;& Wood, H. 2002. Minewater Treatment - Technology, Application and Policy.

Garbarino;Orveillon;Saveyn;Barthe;& Eder. 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries. European Commission.

IFC. 2017. Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining. Noudettu osoitteesta <https://www.ifc.org/>

Ilmatieteen laitos. 2021. Ilmatieteenlaitoksen avoin data. Noudettu osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Ilmatieteen laitos ja Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2021. Ilmasto-opas. Noudettu osoitteesta Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa: <http://www.ilmasto-opas.fi>

INAP. 2019. (The International Network for Acid Prevention) Haettu 30. 03 2019 osoitteesta Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide): <http://www.gardguide.com/>

Jarvie-Eggart, M. 2015. Responsible Mining, Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. Society for Mining, Metallurgy & Exploration.

Juomavesiasetus 1352/2015. 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.

Kauppila, P.;Räisänen, M. L.;& Myllyoja, S. 2011. Metallimalmikaivostoinnin parhaat ympäristökäytännöt (Osa/vuosik. Suomen ympäristö 29 | 2011). Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/37056>

Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. New York: McGraw-Hill Education.

Nro 27/2016/1, Dnro PSAVI/110/04.08/2012. 2016. Alakorkalon jätevedenpuhdistamon ja lietteen kompostointilaitoksen ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen, Rovaniemi.

Outotec. 2020. Sähköpostitiedoksianto, Jaakko Karvonen, 26.5.2020.

Pekkanen, J.;Ripatti, K.;Hurmerinta, E.;& Bigler, P. 2019. Flow Measurements at Ahmavaara, Konttijärvi and Little Suhanko Project Areas in Suhanko, Finland. Pöyry Finland Oy.

Pöyry Finland Oy. 2013. Suhangon kaivoshankkeen laajennus, Ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Pöyry Finland Oy. 2018. Suhanko Project: Hydrological - Hydrogeological Data Review, Conceptualization and Gap-Analysis. Step 1.

Ruosteenoja, K.;Jylhä, K.;& Kämäräinen, M. 2016. Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. Geophysica, 17-50.

SENES Consultants Limited. 1994. Acid Mine Drainage - Status of Chemical Treatment and Sludge Management Practices MEND Report 3.32.1. Ontario: MEND.

Sun, Z.;& Forsling, W. April 1997. The degradation kinetics of ethyl-xanthate as a function of pH in aqueous solution. Minerals Engineering, 10(4), ss. 389-400.

Suomen ympäristökeskus. 2021. Hydro-tietokanta. Noudettu osoitteesta <https://www.syke.fi/avointieto>

Veijalainen, N.;Jakkila, J.;Nurmi, T.;Vehviläinen, B.;Marttunen, M.;& Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos - vaikutukset ja

muutoksiin sopeutuminen. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/38789>

VNa 1022/2006. 2006. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista.

TAULUKKO 1: Rikastushiekka-alue, vesivarastoallas, tehdasalue, Konttijärven louhos, Ahmavaaran louhos

Tuotanto-vuosi	Rikastushiekka-altaan allasalue [ha]	Rikastushiekka-altaan padon ja kuivan luiskan alue [ha]	Vesivarastoallas [ha]	Tehdasalue [ha]	Konttijärven avolouhos [ha]	Konttijärven louhoksen yläpuolinen valuma-alue [ha]	Ahmavaaran avolouhos [ha]	Ahmavaaran louhoksen yläpuolinen valuma-alue [ha]
0	290	20	50	45	20	5	0	0
1	290	20	50	45	45	5	0	0
2	290	20	50	45	45	5	0	0
3	290	20	50	45	45	10	0	0
4	430	50	50	45	65	30	0	0
5	430	50	50	45	65	30	90	15
6	430	50	50	45	65	30	90	15
7	430	50	50	45	0	0	90	15
8	430	50	50	45	0	0	150	25
9	430	50	50	45	0	0	150	25
10	430	50	50	45	0	0	150	25
11	430	50	50	45	0	0	150	25

Tuotanto-vuosi	Rikastus-hiekka-altaan allasalue [ha]	Rikastus-hiekka-altaan padon ja kuivan luiskan alue [ha]	Vesivarasto-allas [ha]	Tehdasalue [ha]	Konttijärven avolouhos [ha]	Konttijärven louhoksen yläpuolinen valuma-alue [ha]	Ahmavaaran avolouhos [ha]	Ahmavaaran louhoksen yläpuolinen valuma-alue [ha]
12	430	50	50	45	0	0	150	25
13	430	50	50	45	0	0	150	25
14	430	50	50	45	0	0	0	0
15	430	50	50	45	0	0	0	0
16	430	50	50	45	0	0	0	0
17	430	50	50	45	0	0	0	0
18	430	50	50	45	0	0	0	0
19	430	50	50	45	0	0	0	0
20	430	50	50	45	0	0	0	0
21	430	50	50	45	0	0	0	0
22	430	50	50	45	0	0	0	0

TAULUKKO 2: Suhanko-Pohjoinen louhos, sivukiven läjitysalueet

Tuotanto- vuosi	Suhanko- Pohjoinen avolouhos [ha]	Suhanko- Pohjoinen louhoksen yläpuolinen valuma-alue [ha]	Konttijärvi sivukiven läjitysalue [ha]	Konttijärvi, rikkipitoisen sivukiven läjitysalue [ha]	Ahmavaara sivukiven läjitysalue [ha]	Ahmavaara, rikkipitoisen sivukiven läjitysalue [ha]	Suhanko- Pohjoinen sivukiven läjitysalue [ha]	Suhanko- Pohjoinen, rikkipitoisen sivukiven läjitysalue [ha]
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	55	21	0	0	0	0
2	0	0	55	21	0	0	0	0
3	0	0	55	21	0	0	0	0
4	0	0	110	41	0	0	0	0
5	0	0	110	41	130	41	0	0
6	0	0	110	41	130	41	0	0
7	0	0	0	0	130	41	0	0
8	0	0	0	0	260	82	0	0
9	0	0	0	0	260	82	0	0
10	0	0	0	0	260	82	0	0
11	0	0	0	0	260	82	0	0

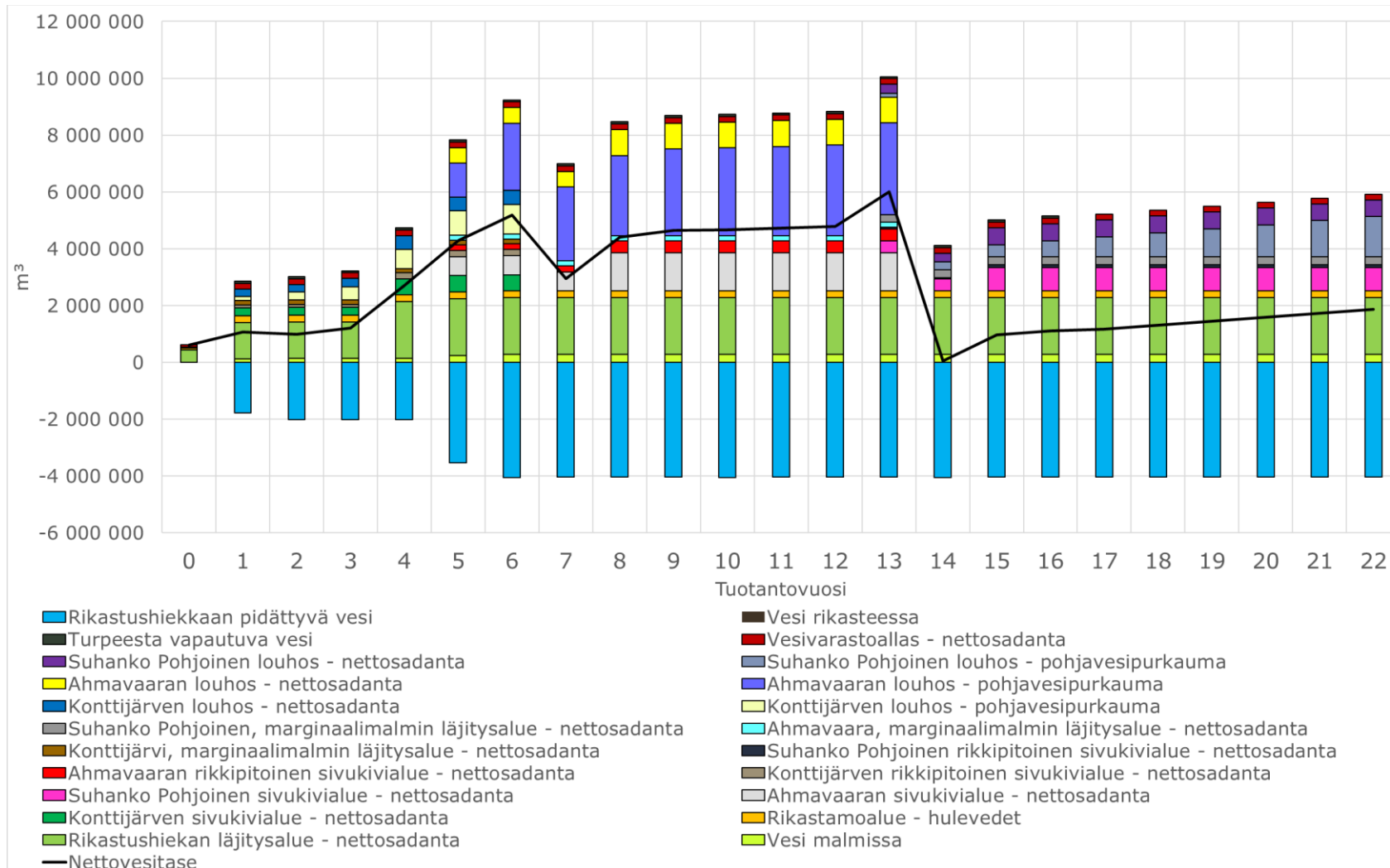
Tuotanto- vuosi	Suhanko- Pohjoinen avolouhos [ha]	Suhanko- Pohjoinen louhoksen yläpuolinen valuma-alue [ha]	Konttijärvi sivukiven läjitysalue [ha]	Konttijärvi, rikkipitoisen sivukiven läjitysalue [ha]	Ahmavaara sivukiven läjitysalue [ha]	Ahmavaara, rikkipitoisen sivukiven läjitysalue [ha]	Suhanko- Pohjoinen sivukiven läjitysalue [ha]	Suhanko- Pohjoinen, rikkipitoisen sivukiven läjitysalue [ha]
12	0	0	0	0	260	82	0	0
13	50	10	0	0	260	82	80	10
14	50	10	0	0	0	0	80	10
15	90	25	0	0	0	0	160	20
16	90	25	0	0	0	0	160	20
17	90	25	0	0	0	0	160	20
18	90	25	0	0	0	0	160	20
19	90	25	0	0	0	0	160	20
20	90	25	0	0	0	0	160	20
21	90	25	0	0	0	0	160	20
22	90	25	0	0	0	0	160	20

TAULUKKO 3: Marginaalimalmin läjitysalueet

Tuotanto -vuosi	Konttijärvi, marginaali- malmin läjitysalue [ha]	Ahmavaara, marginaali- malmin läjitysalue [ha]	Suhanko Pohjoinen, marginaali- malmin läjitysalue [ha]
0	0	0	0
1	29	0	0
2	29	0	0
3	29	0	0
4	29	0	0
5	29	35	0
6	29	35	0
7	0	35	0
8	0	35	0
9	0	35	0
10	0	35	0
11	0	35	0

Tuotanto -vuosi	Konttijärvi, marginaali- malmin läjitysalue [ha]	Ahmavaara, marginaali- malmin läjitysalue [ha]	Suhanko Pohjoinen, marginaali- malmin läjitysalue [ha]
12	0	35	0
13	0	35	52
14	0	0	52
15	0	0	52
16	0	0	52
17	0	0	52
18	0	0	52
19	0	0	52
20	0	0	52
21	0	0	52
22	0	0	52

KUVA: VUOSINETTOTASEEN ERITTELY VESITASEEN TARKASTELUTILANTEESSA 1



Aluevesitase- ja kuormatasemallin mukaiset vuosikuormitukset tuotantovuosille 2-13

Vuosikuormitus (kg/vuosi) - Keskimääräinen tilanne (vesitaseen tarkastelutilanne 1)

Parametri / Tuotantovuosi	2 kg/vuosi	3 kg/vuosi	4 kg/vuosi	5 kg/vuosi	6 kg/vuosi	7 kg/vuosi	8 kg/vuosi	9 kg/vuosi	10 kg/vuosi	11 kg/vuosi	12 kg/vuosi	13 kg/vuosi
01 - As	0,5	0,5	0,9	9,0	13	9,0	17	19	19	19	20	26
02 - Ba	180	196	331	1 088	1 453	890	1 619	1 810	1 815	1 828	1 837	2 306
03 - Be	2,2	2,3	4,1	22	32	20	38	43	43	43	43	56
04 - Cd	0,6	0,6	1,1	5,2	7,3	4,6	8,5	9,4	9,5	10	10	13
05 - Co	2,6	2,8	4,9	31	44	29	54	59	59	60	60	80
06 - Mo	18	23	40	154	209	149	279	309	310	312	313	387
07 - Pb	2,6	2,7	4,7	27	38	25	46	51	51	52	52	69
08 - Sb	3,2	3,5	6,2	26	35	22	41	46	46	46	46	59
09 - Se	19	20	32	120	160	99	177	193	193	194	195	260
10 - Sn	1,5	1,6	3,0	18	25	16	31	34	34	34	35	45
11 - Th	8,2	8,8	16	89	126	82	154	171	172	173	174	226
12 - U	1,8	1,9	3,0	7,4	9,3	5,1	8,5	9,4	9,4	9,4	9,5	12
13 - V	43	46	84	385	540	340	640	719	721	726	730	927
14 - Al	758	720	1 175	2 215	2 783	1 666	2 402	2 513	2 532	2 560	2 583	3 000
15 - Ca	93 893	106 813	178 172	823 340	1 104 069	727 350	1 305 654	1 398 126	1 393 848	1 400 223	1 404 182	1 940 408
16 - Cr	73	72	115	221	278	167	240	251	253	256	258	300
17 - Cu	16	17	32	404	557	333	480	503	506	512	517	600
18 - Fe	947	1 006	1 856	7 888	11 134	6 665	9 607	10 053	10 126	10 240	10 334	12 001
19 - K	116 390	130 489	214 692	479 642	581 001	335 855	562 058	616 751	617 716	621 935	624 983	767 076
20 - Mg	40 522	46 056	77 666	199 493	250 750	152 347	265 120	292 593	293 146	295 151	296 599	366 201
21 - Mn	62	66	107	346	453	273	483	529	529	532	534	702
22 - Na	67 126	81 003	135 697	227 832	240 913	145 695	216 711	224 379	223 667	225 009	225 949	264 323
23 - Ni	27	29	50	287	404	262	489	539	539	542	544	726
24 - P	429	432	694	1 329	1 670	1 000	1 441	1 508	1 519	1 536	1 550	1 800
25 - Sr	503	574	930	1 988	2 319	1 365	2 195	2 329	2 324	2 337	2 345	3 001
26 - Ti	35	38	71	339	475	305	571	638	639	644	647	829
27 - Zn	4,1	5,4	10	23	26	18	30	32	32	32	32	41
28 - Cl	25 787	32 421	55 187	78 108	74 267	46 984	63 459	62 561	62 146	62 507	62 760	66 649
29 - F	361	426	699	1 103	1 140	647	915	939	936	942	946	1 090
30 - SO ₄	396 256	421 095	683 635	2 280 810	2 989 172	1 923 742	3 315 709	3 540 064	3 535 020	3 554 936	3 568 565	4 784 421
31 - NO ₃	21 233	23 762	37 960	69 242	77 518	41 751	63 210	67 246	67 168	67 582	67 873	83 451
32 - NO ₃ -N	4 797	5 368	8 575	15 642	17 511	9 431	14 279	15 191	15 173	15 267	15 332	18 851
33 - NH ₄	4 069	4 424	7 779	35 009	48 460	30 878	57 245	63 542	63 635	64 035	64 316	83 463
34 - NH ₄ -N	3 159	3 435	6 040	27 184	37 629	23 976	44 450	49 340	49 412	49 723	49 941	64 809
37 - N	7 956	8 803	14 615	42 825	55 140	33 408	58 729	64 531	64 585	64 989	65 273	83 660

Vuosikuormitus (kg/vuosi) - 1/10 vuodessa toistuva vähäsateinen vuosi

Parametri / Tuotantovuosi	2 kg/vuosi	3 kg/vuosi	4 kg/vuosi	5 kg/vuosi	6 kg/vuosi	7 kg/vuosi	8 kg/vuosi	9 kg/vuosi	10 kg/vuosi	11 kg/vuosi	12 kg/vuosi	13 kg/vuosi
01 - As	0	0	0,1	4,4	8	4,9	11	12	12	12	13	16
02 - Ba	0	17	96	561	825	513	1 012	1 152	1 075	1 131	1 207	1 447
03 - Be	0	0	0,8	11	18	11	24	27	25	27	29	35
04 - Cd	0	0	0,3	2,7	4,2	2,6	5,4	6,0	5,6	6,0	6,3	7,9
05 - Co	0	0	1,1	16	25	16	34	38	35	38	40	50
06 - Mo	0	0	5,3	71	112	77	170	194	178	189	201	238
07 - Pb	0	0	1,1	14	22	14	29	32	31	33	34	43
08 - Sb	0	0	1,2	13	20	12	26	29	27	29	30	37
09 - Se	0	4	13	64	92	56	112	122	114	122	129	162
10 - Sn	0	0	0,3	8,6	14	9,0	19	22	20	22	23	28
11 - Th	0	0	2	44	72	46	97	109	102	109	115	142
12 - U	0	0,5	1,4	4,2	5,3	3,1	5,5	5,9	5,5	5,9	6,2	7,7
13 - V	0	0	15	191	310	195	400	460	432	454	484	586
14 - Al	10	192	544	1 319	1 588	1 021	1 681	1 693	1 561	1 689	1 813	2 033
15 - Ca	550	13 798	56 022	418 207	621 849	385 714	822 642	870 197	810 195	882 704	918 031	1 200 324
16 - Cr	0	0	25	132	159	102	168	169	156	169	181	203
17 - Cu	0	0	5,0	220	318	204	336	339	312	338	363	407
18 - Fe	0	0	320	4 124	6 352	4 085	6 724	6 771	6 244	6 758	7 251	8 130
19 - K	1 096	20 151	72 560	253 871	320 142	195 885	350 685	386 401	353 685	375 203	399 283	471 166
20 - Mg	8,5	4 118	21 526	101 683	138 186	86 651	164 676	183 860	169 155	179 170	190 769	226 096
21 - Mn	0,8	13	42	185	258	156	305	334	312	333	351	438
22 - Na	448	8 824	36 818	113 062	119 797	77 471	130 964	132 664	113 930	125 293	131 141	149 827
23 - Ni	0	1,0	13	146	233	145	308	341	321	343	361	456
24 - P	0	38	228	791	953	613	1 009	1 016	937	1 014	1 088	1 220
25 - Sr	9	111	339	1 057	1 255	764	1 371	1 429	1 291	1 403	1 469	1 806
26 - Ti	0	0	11	166	271	171	357	406	381	402	428	522
27 - Zn	0	0	1,4	10	13	9	19	19	17	19	19	24
28 - Cl	45	2 172	12 284	36 289	33 076	23 071	36 811	34 721	27 333	31 218	32 257	33 659
29 - F	5,3	68	225	574	573	357	556	553	469	518	542	611
30 - SO ₄	4 279	53 370	164 270	945 346	1 365 532	846 370	1 784 477	1 889 026	1 754 830	1 910 187	1 988 685	2 583 861
31 - NO ₃	0	0	15 382	38 482	42 098	24 807	39 708	41 285	36 979	39 886	42 043	49 923
32 - NO ₃ -N	0	0	3 475	8 693	9 510	5 604	8 970	9 326	8 353	9 010	9 497	11 278
33 - NH ₄	0	0	1 660	17 601	27 662	17 315	35 890	40 339	37 797	40 101	42 518	52 440
34 - NH ₄ -N	0	0	1 289	13 667	21 479	13 445	27 868	31 323	29 349	31 138	33 015	40 719
37 - N	0	0	4 764	22 360	30 989	19 049	36 838	40 649	37 702	40 148	42 512	51 997



Suhanko Arctic Platinum Oy

Toiminnanaikaiset suotovesilaadut

Dokumenttinumero: 101015653-E0007

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101015653-001

Kannen kuva: © Päivi Picken



Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn sisältö	6
1.2	Vesilaatujen arviointimenetelmien kuvaus.....	6
2	RIKASTUSHIEKKA	7
2.1	Rikastushiekan karakterisointi	7
2.2	Konseptualisointi	11
2.3	Rikastushiekka-altaan suotovesilaatu	13
3	SIVUKIVI	15
3.1	Sivukiven karakterisointi.....	15
3.2	Konseptualisointi	19
3.3	Sivukivialueiden vesien laadut	20
4	PINTAMAAT	22
5	LOUHOSTEN KUIVATUSVEDET	22
6	HERKKYYDET JA EPÄVARMUUDET.....	23
6.1	Herkkyudet	23
6.2	Epävarmuudet.....	24
7	SYÖTETIEDOT JA OLETUKSET.....	25
7.1	Rikastushiekka-altaan syötetiedot ja oletukset	25
7.2	Sivukivialueiden syötetiedot ja oletukset.....	26
7.3	Louhosten syötetiedot ja oletukset.....	26
7.4	Massataseyhtälö ja skaalauskerroimien käyttö.....	27
7.5	Geokemiallinen tasapainomallinnus	28
8	VIITTEET.....	28



Termit ja lyhenteet

TERMI	SELITE
ABA-testi	<i>acid base accounting test</i> - hapon ja emäksen tasapainon laskentamenetelmä, hapontuottopotentiaalin laskenta kokonais- ja sulfidikistä ja neutraloimispotentiaalin laskenta karbonaattihiilen pitoisuudesta
AP	Hapontuottopotentiaali
AR	<i>Aqua Regia</i> kuningasvesi, väkevän suolahapon (HCl) ja väkevän typpihapon (HNO ₃) seos.
BAT	<i>Best available technology</i> , paras käyttökelpoinen tekniikka
C	Hiili
C _{carb.}	Karbonaattisessa (CO ₃) muodossa oleva hiili
C _{non-carb.}	Muu kuin karbonaattinen hiili
cut-off -pitoisuus	arvoaineen pitoisuusraja, joka erottaa malmin ja sivukiven JA jätteen luokittelussa alin luokituksessa huomioitava haitta-ainepitoisuus
dekanttivesi	rikastushiekkanäytteen tiivistyessä, rikastushiekkanäytteen pinnalle kertyvästä vedestä otettava vesinäyte
jalkapuoli	malmiesiintymän alapuolella oleva kallio
kattopuoli	malmiesiintymän yläpuolella oleva kallio
kineettinen testaus	kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttäytymistä tutkiva koe, jossa mineraalien luonnolliset reaktiot mahdollistuvat, voi kestää kuukausia tai vuosia,
konseptualisointi	käsitteellistäminen, vuorovaikutusten, reaktioiden tai virtausten kuvaaminen -ei-numeerisesti
kontaktivesi	vesi, joka on kosketuksissa kaivannaisjätteen, rapautuvan louhosseinämän tai muun mahdollisesti haitta-aineita vapauttavan materiaalin kanssa
Kosteuskammio-koe	<i>Humidity cell test</i> , koe, jolla selvitetään kaivannaisjätteen (tai louhosseinämän) pitkäaikaiskäyttäytymistä, kokeessa syötetään näytteeseen useiden kuukausien ajan tehostetusti ilmaa ja huuhdotaan ilmasyöttöjen välissä
NAF	<i>non acid forming</i> - ei happoa tuottava
NAG-testi	<i>net acid generation test</i> - nettohapontuottokoe, vetyperoksiduutto
NAG-pH	NAG-testin loppuliuoksen pH
NAPP	<i>net acid production potential</i> , nettohapontuotantopotentiaali, NAPP=AP-NP
NP	Neutralointipotentiaali
NPR	Neutralointi- ja hapontuottopotentiaalisuhde, NPR=NP/AP
näytejakso	osa kairasydäntä pituussuunnassa (esimerkiksi 20-23 m), näytejakso ei ole sama kuin syvyys, sillä kairareiät eivät yleensä ole pystysuoria
PAF	potentially acid forming - happoa tuottava
PFS-vaihe	Pre-feasibility study, esikannattavuus selvitys



TERMI	SELITE
prosessivesi-näyte	rikastuskokeen aikana otettava vesinäyte, prosessiin palaava kiertovesi tai rikastushiekasta erottuva vesi, vastaavia näytteitä voidaan ottaa myös toiminnassa olevan rikastamon prosessista
scoping-vaihe	alustava kannattavuustarkastelu (ensimmäinen luonnosvaihe hankesuunnittelussa)
skaalauskerroin	kerroin, jonka avulla käsitellään laboratorioanalyysien tuloksia vastaamaan kenttäolosuhteita (esimerkiksi raekoon tai lämpötilan korjauskerroin)
staattinen testaus	analyysi, joka voidaan tehdä suhteellisen nopeasti (esim. alkuaikaneanalyysi, ABA-koe, NAG-testi, ravistelutesti jn.)
sulfidinen rikki	se osuus rikistä, joka esiintyy osana sulfidimineraaleja
suljetun kierron rikastuskoe	<i>locked-cycle -koe</i> rikastuskoe, jossa kiintoaine ja vesi kiertävät kuten todellisessakin prosessissa
suotovesi	kaivannaisjätteestä alakautta poistuva/tihkuva ylimääräinen vesi
TAPIR-rekisteri	Valtakunnallinen maaperän geokemiallisten taustapitoisuuksien rekisteri (GTK)
ylitevesi	allasmaisen kaivannaisjätealueen päältä tai vesialtaalta pumpattava poistovesi

1 JOHDANTO

1.1 Työn sisältö

Tämä raportti on AFRY Finland Oy:n laatima ja käsittelee Suhanko Arctic Platinum Oy:n Konttijärven ja Ahmavaaran kaivosalueiden ja Ahmavaaran rikastamoalueen jätejakeiden sekä tuotannon aikaisten vesijakeiden laatuja. Lisäksi raportissa kuvataan vesilaatujen arviointimenetelmät.

Raportissa esitettävät vedenlaatuarviot ovat alustavia (PFS-vaiheen eli esikannattavuusselvitysvaiheen) arvioita. Kaivoshankkeissa PFS-vaihe ja YVA pyritään yleensä kytkemään toisiinsa osana hyvää suunnittelukäytäntöä. Vedenlaatuarviot pohjautuvat louhosten ja läjitysalueiden maksimilaajuuksiin, maaliskuussa 2020 päivätyn suunnitelman mukaisena. Tarkentava suunnittelutyö on tämän jälkeen jatkunut, mutta muutosten ei katsota vaikuttavan tässä työssä tehtyihin arvoihin heikentävästi, ts. nyt raportoitavat suotovesien laatuarviot ovat erittäin konservatiivisia. Tarkennetut vedenlaatuarviot valmistuvat ympäristölupahakemusvaiheeseen.

1.2 Vesilaatujen arviointimenetelmien kuvaus

Osakohteiden vesilaatujen arvioinnin lähtökohtana käytettiin kunkin jätejakeen määrää, jätealueen dimensioita, paikallista vuotuista nettosadantaa sekä NAG-testin loppuliuksen metallipitoisuuksia, paitsi rikastushiekka-altaan suotovesilaadussa, jonka osalta käytettävissä oli jo kosteuskammiokeiden tuloksia. NAG-testien tulosten perusteella johdettiin kosteuskammiokeiden viikkoliuosta vastaavat syötteet. Jotta laboratorio-olosuhteissa tehtyjen kokeiden tuloksia voitaisiin soveltaa kenttäolosuhteisiin, on laboratoriotulokset muunnettava kenttäolosuhteita vastaaviksi. Tärkeimpiä huomioonotettavia tekijöitä muunnettaessa laboratorio-olosuhteita kenttäolosuhteita vastaavaksi ovat mm. lämpötilan vaikutus reaktionopeuteen, raekoko (Sanchidrian et al. 2012) sekä sivukiviläjityksissä myös veden kanavoituminen (MEND 1997). Louhosseinämien vaikutuksen arvioinnissa sovellettiin vaurioituneen seinämän periaatetta. Louhosseinämille oletetaan tietyn paksuinen rakoillut ja hienoainesta sisältävä vyöhyke, joka huomioidaan arvioinnissa reaktiivisena

massana. Tässä yhteydessä arviota tulevasta rakoilun määrästä käytetään raekokokertoimena.

Louhinnassa käytetyistä räjähteistä kulkeutuu myös typpijäänteitä kaivannaisjätteisiin, jotka on otettu huomioon typpilisänä (Sjölund 1997). Rikastusjätteiden osalta huomioitiin myös prosessiveden vaikutus muodostuvien vesijakeiden laatuun.

Osakohteiden vedenlaatuojen arvioinnissa tarvittiin myös tietoja vesimääristä vesi/kiintoaine-kontaktisuhteen määrittelemiseksi. Sivukivialueille imeytyvä vesimäärä määritettiin Hydrus 1D-mallilla. Konttijärven louhokseen tulevan veden määrä määritettiin pohjavesimallin ja nettosadannan avulla. Ahmavaaran louhoksen pohjavesimalli ei ollut alustavia louhosveden laatumalleja laadittaessa vielä käytettävissä, joten Ahmavaaran louhoksen vesimäärä skaalattiin kokosuhteella Konttijärven louhoksen vesimäärällä. Ympäristölupavaiheessa tullaan käyttämään pohjavesimalliin perustuvaa vesimääräarviota myös Ahmavaaran louhoksen osalta.

2 RIKASTUSHIEKKA

2.1 Rikastushiekan karakterisointi

Rikastushiekan karakterisointi perustuu Suhanko-projektin *suljetun kierron-* ja *pilot-*kokeisiin vuosina 2019–2020.

Konttijärven malmin rikastushiekka (*suljetun kierron rikastuskoe* 2019) edustaa matalarikkistä jätettä (rikin kokonaispitoisuus 0,09 % ja suldifisen rikin 0,05 %). Rikastushiekalla on kohtalainen neutralointipotentiaali, 14,6 kg CaCO₃/t, ja neutralointi- ja hapontuottopotentiaalihin suhde (NPR) on suhteellisen korkea, 5,1. Myös NAG-pH on selvästi emäksinen, 8,3. Rikastushiekan Co-, Cr-, Cu- ja Ni-pitoisuudet ovat kohonneita (Taulukko 2-2). Näin ollen rikastushiekkoja ei voida luokitella Kaivannaisjäteasetuksen (VNa 190/2013) mukaisesti pysyväksi jätteeksi huolimatta rikastushiekan alhaisesta rikkipitoisuudesta ja korkeasta NPR-suhteesta.

Konttijärven malmista on testattu myös low grade- ja high grade -tyypit. Low grade -malmin rikastushiekka muistuttaa ominaisuuksiltaan alkuperäisestä Konttijärven rikastushiekkänäytettä. High grade -rikastushiekkalla on samankaltaisuuksia Ahmavaaran rikastushiekan kanssa (Taulukko 2-1 ja Taulukko 2-2).

Ahmavaaran malmin suljetun kierron rikastuskokeen (2020) rikastushiekassa on hivenen korkeampi rikki-pitoisuus kuin Konttijärven malmin rikastushiekassa (rikin kokonaispitoisuus 0,34 % ja sulfidisen rikin 0,16 %). Neutralointipotentiaali on suhteellisen korkea, 24,8 kg CaCO₃/t, mutta NPR jää pienemmäksi kuin kolme, joka on kaivannaisjäteasetuksen raja-arvo pysyväksi luokiteltavalle jätteelle. Myös NAG-pH on suhteellisen korkea, 8,4. Rikastushiekassa on kohonneita Co, Cr, Cu ja Ni -pitoisuuksia (Taulukko 2-2). Ahmavaaran rikastushiekka luokitellaan ei-pysyväksi jätteeksi sekä ABA-testin mahdollisesti happoa tuottavana että kuningasvesiliukoisten pitoisuuksiensa perusteella.

Rikastushiekkojen sekä rikastushiekka-altaan suotoveden pH on todennäköisesti lähellä neutraalia tai lievästi emäksinen. Potentiaalisin haitta-aine on nikkeli, joka on liukoinen lähes neutraalissa ympäristössä. Neutralointipotentiaali ei siis edistä merkittävästi nikkelin pidättymistä, mikä on huomioitu rikastushiekka-alueen ja vesienhallinnan suunnittelussa.

NAG-testi loppuliuksen metallipitoisuuksia käytettiin arvioitaessa hapettuvien metallien osuutta kokonaispitoisuuksista (Taulukko 2-3). Näytteissä, joilla on korkea neutralointikapasiteetti, ei ole tavatonta, että metallit saostuvat kokeessa tai vetyperoksidi ehtyy ennen aikaisesti. Ilman keittovaihetta tehdyn NAG-testin, nk. kylmä-NAG, tulosten perusteella näytteessä oli sulfideihin sitoutuneita metalleja, jotka eivät näy loppuliuksessa. Kuitenkin korkea sulfaatinmuodostus ja alhainen rautapitoisuus molemmissa testimuodoissa osoittavat, ettei edes kylmä-NAG kuvaa täydellisesti sulfideihin sitoutuneiden metallien mobilisoitumista. Rikastushiekkänäytteiden kosteuskammiokoeket on tehty, ja rikastushiekan osalta niiden tuloksia on jo hyödynnetty vedenlaatumallinnuksessa.

Taulukko 2-1. Konttijärven ja Ahmavaaran malmin rikastuskokeiden 2019–2020 rikastushiekat. ABA-testin tulokset sekä NAG-pH. Kaivannaisjäteasetuksen mukainen



luokittelu pysyväksi jätteeksi vaatii joko alle 0,1 % sulfidisen rikin pitoisuuden tai sulfidisen rikin pitoisuuden välillä 0,1–1,0 % ja NPR>3 (VNa 190/2013).

	S kok. %	S _{sulf.} %	AP kg CaCO ₃ /t	NP kg CaCO ₃ /t	NPR	NAG-pH
Konttijärvi	0,09	0,05	2,9	14,6	5,1	8,3
Konttijärvi low grade	0,09	<0,01	2,8	15,4	5,4	9,4
Konttijärvi high grade	0,26	0,15	8,2	13,4	1,6	7,8
Konttijärvi pilot 3	0,08	0,03	2,4	13,0	5,4	9,24
Ahmavaara	0,34	0,16	10,6	24,8	2,3	8,4

Taulukko 2-2. Rikastuskokeiden rikastusjäännösten kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sekä vertailu nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) kynnysarvoihin.

	Konttijärven malmin rikastushiekka	Konttijärvi high-grade-malmin rikastushiekka	Konttijärvi low-grade-malmin rikastushiekka	Ahmavaaran malmin rikastushiekka	Kynnysarvo VNa 214/2007
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Ag	0,24	0,4	0,23	0,32	
Al	21800	29500	25400	27700	
As	0,47	0,4	0,38	0,48	5
Ba	119	104	71,7	94,1	
Be	0,06	0,08	0,08	0,1	
Bi	0,08	0,1	0,07	0,11	
Ca	6530	9780	8970	8050	
Cd	0,15	0,19	0,13	0,14	1
Co	21,5	25,5	23,1	33,8	20
Cr	245	253	228	320	100
Cu	108	204	110	148	100
Fe	23100	26700	25300	39900	
K	3640	3730	2220	3080	
Mg	23000	26800	26500	35700	
Mn	298	327	312	454	
Mo	0,5	0,4	0,47	0,79	
Na	881	1580	1350	588	
Ni	298	427	299	411	50
P	93	80	82	125	
Pb	7	4,16	4,33	3,76	60
S	945	2460	928	3160	
Sb	0,14	0,12	0,11	0,35	2
Se	0,67	1,36	0,69	0,96	
Sn	0,12	0,13	0,11	0,12	
Sr	43	53,9	52,7	30,6	
Th	0,68	0,47	0,53	0,82	
Ti	517	526	589	579	
U	0,22	0,09	0,12	0,14	



	Konttijärven malmin rikastushiekka	Konttijärvi high-grade-malmin rikastushiekka	Konttijärvi low-grade-malmin rikastushiekka	Ahmavaaran malmin rikastushiekka	Kynnysarvo VNa 214/2007
V	21,7	24,5	26,6	42,1	100
W	0,1	0,11	<0,1	0,57	
Zn	59	62	53	46	200

Taulukko 2-3. Konttijärven ja Ahmavaaran rikastushiekkojen kuningasvesiliukoiset (AR) metalli- ja metalloidipitoisuudet, NAG-testin loppuliuksen metallipitoisuudet sekä kontaktiliukoisuustestin tulokset sekä vertailu nk. PIMA-asetuksen (214/2007) kynnysarvoihin.

	Konttijärvi			Ahmavaara				Kynnysarvo VNa 214/2007
	AR mg/kg	NAG mg/kg	L/S10 mg/kg	AR mg/kg	kylmä-NAG mg/kg	NAG mg/kg	L/S 10 mg/kg	
EC		13,8	5,37		26,6			
pH		8,32	9,02		6,99			
Ag	0,24	<1	<1	0,32	<0,02	<0,02	<1	
Al	21800	<20	3,1	27700	<20	<20	2	
As	0,47	<0,1	<0,05	0,48	<0,1	<0,1	<0,05	5
Ba	119	13	<0,06	94,1	7,29	13	<0,06	
Be	0,06	<0,1	<1	0,1	<0,1	<0,1	<1	
Bi	0,08	<0,2	<1	0,11	<0,2	<0,2	<1	
Ca	6530	989	48,6	8050	1830	2190	63,3	
Cd	0,15	<0,02	<0,02	0,14	<0,02	<0,02	<0,02	1
Cl		8,38	<8		<20	<20	<13	
Co	21,5	<0,1	<0,1	33,8	<0,1	<0,1	<0,1	20
Cr	245	3	<0,1	320	2,97	5,94	<0,1	100
Cu	108	<0,1	<0,05	148	0,4	<0,1	<0,05	100
F		<1	<2		<12,5	<12,5	<1	
Fe	23100	<50	2,4	39900	<50	<50	<2	
K	3640	1880	51,9	3080	1820	1920	52,7	
Mg	23000	112	11,4	35700	968	129	19	
Mn	298	<1	<0,5	454	7,09	<1	<0,5	
Mo	0,5	0,11	<0,05	0,79	0,27	0,29	<0,05	
Na	881	249	23,7	588	103	159	37,7	
Ni	298	<0,2	<0,06	411	2,48	<0,2	<0,05	50
P	93	<20	<1	125	<20	<20	<2	
Pb	7	<0,1	<0,05	3,76	<0,1	<0,1	<0,05	60
S	945	936	18,9	3160	2570	2830	153	
Sb	0,14	<0,1	<0,05	0,35	<0,1	<0,1	<0,05	2
Se	0,67	0,36	<0,05	0,96	0,48	0,54	<0,05	
Sn	0,12	<0,1	<0,5	0,12	<0,1	<0,1	<0,5	
Sr	43	3,2	<1	30,6	3,5	4,6	<1	
Th	0,68	<0,4	<0,1	0,82	<0,4	<0,4	<0,1	
Ti	517	<1	<0,2	579	3,7	<1	<0,2	

	Konttijärvi			Ahmavaara				
	AR mg/kg	NAG mg/kg	L/S10 mg/kg	AR mg/kg	kylmä-NAG mg/kg	NAG mg/kg	L/S 10 mg/kg	Kynnys-arvo VNa 214/2007
U	0,22	<0,02	<0,1	0,14	<0,02	<0,02	<0,1	
V	21,7	0,75	<0,1	42,1	0,8	1,14	<0,1	100
W	0,1	<0,1	<1	0,57	0,38	<0,1	<1	
Zn	59	7	<0,6	46	1,2	<1	<0,6	200
SO4		2450	26,6		7610	7900	98,1	
NO3			<10				<10	

Rikastushiekkojen vaaraominaisuuksien arviointia ei ole vielä tehty. Mikään yksittäinen aine ei ylitä äkillisen myrkyllisyyden raja-arvoa, mutta yhteisvaikutusten arviointia ei ole vielä tehty (Neuvoston asetus (EU) 2017/997, annettu 8. päivänä kesäkuuta 2017, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY liitteen III muuttamisesta vaarallisuusominaisuuden HP 14 ”ympäristölle vaarallinen” osalta).

Rikastushiekka-altaalle tulevan prosessiveden sulfaattipitoisuus on suhteellisen alhainen (<200 mg/l), mutta eräiden metallien osalta, esim. Cu, Ni ja Pb, vedessä on kohonneita pitoisuuksia. Sulfaatti ja metallipitoisuudet ovat alhaisemmat rikastettaessa Konttijärven malmin verrattuna Ahmavaaran malmin rikastamiseen. Rikastushiekan hapettumisen seurauksena altaan kontaktivedessä pitoisuudet kasvavat hiukan verrattuna tuoreeseen prosessiveteen. Suotovedessä oletetaan esiintyvän mm. kadmiumia, nikkeliä ja lyijyä. Rikastushiekka-altaan vesi on yleisesti ottaen suolaista verrattuna alueen luonnonvesiin.

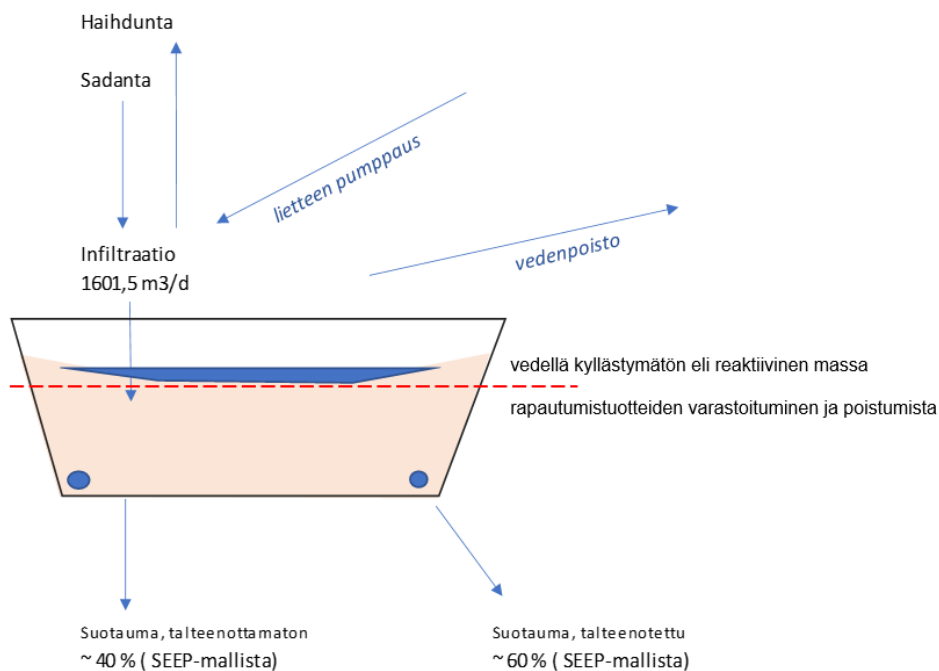
2.2 Konseptualisointi

Mallinnetussa tilanteessa rikastushiekka-allas on saavuttanut maksimikorkeutensa. Rikastushiekassa on vain vähän sulfidimineraaleja, mutta jonkun verran sulfidien hapettumista tapahtuu pääasiassa rikastushiekka-altaan vedelläkyllästymättömissä osissa. Vedelläkyllästymättömän hiekan määrä on määritetty laskennallisesti altaan dimensioiden ja läjityskulman perusteella.

Yksinkertaistettu malli olettaa, että prosessissa ja rikastushiekan rapautumisessa vapautuvia aineita tulee altaan vesiin vuosittain saman verran kuin vastaavia aineita poistuu altaalta vesijakeiden mukana. Rikastushiekka-altaan

pinnalla muodostuvan yliteveden laatu muodostuu prosessiveden ja sadeveden ominaisuuksien sekä rikastushiekan rapautumisominaisuuksien perusteella. Altaalla muodostuvien suotovesien laatuun vaikuttavat samat tekijät, mutta rikastushiekan rapautumistuotteiden merkitys korostuu vesi/kiintoainekontaktisuhteen pienentyessä. Vaikka suotovesiojien, juurisalaojien sekä keskiosan ohisuotautuman vesien laatuihin muodostunee todellisuudessa jonkin verran eroja, kaikki suotovedet on käsitelty yksinkertaistetussa mallissa yhtenä suotovesilaatuna.

Altaan eri osissa veteen liuenneista ja liukenevista aineista saostuu sekundäärimineraaleja ja liuenneita aineita myös pidättyy altaalle sorption kautta. Rikastushiekkaan pidättyneitä aineita myös uudelleenliukenee. Konseptuaalisointi esitetään kuvamuodossa alla (Kuva 2-1).



Kuva 2-1. Rikastushiekka-altaan vesijakeiden muodostumisen konseptuaalinen malli (numeerisen arvioinnin periaatekuvaus).

2.3 Rikastushiekka-altaan suotovesilaatu

Käytettävissä olleen aineiston perusteella rikastushiekka-altaan suotoveden seuraavien aineiden pitoisuudet ylittävät pohjavedelle annetun ympäristölaatunormin (VNa341/2009): Cu, Ni, Pb ja Sb. Näistä kuparin ja nikkelin pitoisuudet ovat oleelliset. Suotovedessä on myös yleisesti suolaisuutta lisääviä aineita, kuten Na ja K. Kyseessä on siis pitoisuus suotovedessä, ei pitoisuus pohjavedessä.

Toiminnanaikana suurin osa rikastushiekka-altaan vedestä pumpataan dekanttipumppaamon kautta pois, mutta n. 1 600 m³/d suotautuu altaasta. Suurin osa suotovedestä otetaan talteen juuri- ja suotovesiojastoon, mutta n. 40 % suotovedestä voi suotautua talteenottojärjestelmän ohi. Sekä dekanttivedet että talteenotetut suotovedet palautetaan takaisin kaivoksen vesikiertoon.

Mallinnetut alustavat suotovesilaadut on esitetty taulukossa 2-4.

Taulukko 2-4. Rikastushiekka-altaan suotovesilaatu ja kuormitus Ahmavaaran louhoksen toiminnanaikana. Vertailuna pohjaveden ympäristölaatunormi (VNa 341/2009) ja talousvesiaseuksen (STM 1352/2015) laatuvaatimus.

Ahmavaara toiminnanaikainen							
	Dekanttivesi mg/l	Rikastushiekka, suotovesi mg/l	Rikastushiekka, suotovesi, herkkyys analyysi 2*	Rikastushiekka-allas, talteenotettu suotovesi, kuormitus kg / vuosi	Rikastushiekka-allas, talteenottomaton suotovesi, kuormitus kg / vuosi	STM 1352/2015	VNa 341/2009
Ag	0,0001	0,009	0,018	3,2	2,1		
Al	0,21	1,8	3,5	6310	421,1	0,2	
As	0,0001	0,0003	0,0004	0,1	0,1	0,01	0,005
B	0,058	0,37	0,71	130	86		
Ba	0,058	0,57	1,1	200	130		
Be	0,000	0,002	0,004	0,6	0,4		
Bi	0,0003	0,002	0,003	0,6	0,4		
Ca	65	650	1280	227000	152000		
Cd	0,00002	0,0003	0,001	0,1	0,1	0,005	0,0004
Cl	50	98	160	34000	23000	250	25
Co	0,0004	0,004	0,008	1,4	0,9		0,002
Cr	0,00007	0,009	0,026	3,2	2,1		
Cu	0,00001	0,037	0,11	13	8,7	2	0,02
F	0,44	1,5	2,9	5301	350		



Ahmavaara toiminnanaikainen							
	Dekantivesi mg/l	Rikastus- hiekk, suotovesi mg/l	Rikastus- hiekk, suotovesi, herkkyys analyysi 2*	Rikastus- hiekk-allas, talteenotettu suotovesi, kuormitus kg / vuosi	Rikastus- hiekk-allas, talteenotta- maton suotovesi, kuormitus kg / vuosi	STM 1352/ 2015	VNa 341/ 2009
Fe	0	0	0	0,0	0,0	0,2	
K	72	550	1100	194000	130000		
Mg	29	210	410	72700	48500		
Mn	0,014	0,29	0,60	100	68	0,05	
Mo	0,038	0,080	0,14	28	19		
Na	100	195	330	68400	45600	200	
Ni	0,002	0,048	0,12	17	11	0,02	0,01
P	0,067	2,3	5,2	820	550		
Pb	0,0000	0,0001	0,001	0,024	0,016	0,01	0,005
S	73	300	570	105000	70000		
Sb	0,002	0,007	0,014	2,6	1,7	0,005	0,0025
Se	0,005	0,030	0,058	11	7,0		
Sr	0,41	3,0	5,8	1040	690		
Th	0,001	0,004	0,007	1,4	1,0		
Ti	0,0011	0,011	0,011	4,0	2,7		
U	0,001	0,008	0,017	3,0	2,0	0,03	
V	0,002	0,029	0,058	10	6,8		
Zn	0,008	0,040	0,074	14	9,5		
NO3	17,5	17,5	17,5	6100	4100	250	150
SO4	264	880	1700	720000	480000		

*) Herkkyysanalyysi 2 on kahden herkkyysanalyysin yhdistelmä tulos: rikastushiekan hapettumisnopeus on kaksinkertaistettu laskennalliseen verrattuna ja kyllästymättömän vyöhykkeen paksuus on kaksinkertaistettu laskennalliseen verrattuna.

4 SIVUKIVI

4.1 Sivukiven karakterisointi

Sekä Konttijärven että Ahmavaaran keskeiset sivukivet testattiin vuonna 2019 (Pöyry Finland Oy, 2019). Molemmissa louhoksissa muodostuvat sivukivet ovat pääosin happoa tuottamattomia (taulukot 4-1 ja 4-2).

Taulukko 4-1. Konttijärven sivukivilajien keskimääräiset ABA-testin tulokset.

	S _{tot}	S _{sulf.}	S _{sulf./} S _{tot}	C	C _{carb}	C _{non} carb	AP	NP	NPR	NAPP
Määrittäjä	0.01	0.01		0.05	0.05	0.05	0.3			
Yksikkö	%	%		%	%	%	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t		kg CaCO ₃ /t
Gabronoriitti	0,01	0,01	1,0	0,05	0,03	0,03	<0,3	12	41	-12
Laikukas gabronoriitti	0,01	0,01	0,8	0,03	0,03	0,03	0,34	12	34	-12
Peridotiitti	0,18	0,04	0,2	1,4	1,4	0,03	5,7	98	20	-92
Pyrokseniitti	0,02	0,01	0,6	0,03	0,03	0,03	0,50	10	27	-10
Maasälpä-pyrokseniitti	0,01	0,01	1,0	0,04	0,03	0,04	<0,3	8,7	32	-9
Oliviinipyrokseniitti	0,01	0,01	1,0	0,09	0,06	0,03	<0,3	9,1	30	-9
Siirrosbreksia	0,04	0,01	0,1	0,03	0,03	0,03	1,1	17	15	-16
Kvartsi-dioriitti	0,46	0,31	0,7	0,05	0,04	0,03	14	13	20	1
Gneissi	0,77	0,60	0,8	0,08	0,07	0,03	24	13	2,0	11

Taulukko 4-2. Ahmavaaran sivukivilajien keskimääräiset ABA-testin tulokset.

	S _{tot}	S _{sulf.}	S _{sulf./} S _{tot}	C	C _{carb}	C _{non} carb	AP	NP	NPR	NAPP
Määrittäjä	0,01	0,01		0,05	0,05	0,05	0,3			
Yksikkö	%	%		%	%	%	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t		kg CaCO ₃ /t
Gabronoriitti	0,02	0,01	0,67	0,04	0,04	0,04	0,60	10	23	-9,0
Laikukas gabronoriitti	0,01	0,01	0,75	0,07	0,03	0,03	0,20	13	42	-13
Peridotiitti	0,24	0,09	0,39	1,3	1,2	0,05	7,6	82	36	-74
Oliviinipyrokseniitti	0,07	0,04	0,56	0,36	0,34	0,04	2,1	33	97	-31
Kvartsi-dioriitti	0,56	0,45	0,80	0,08	0,05	0,03	17	14	6,0	3,6
Hybridigabro	0,70	0,44	0,62	0,10	0,07	0,03	22	15	1,1	7,0

Konttijärven louhoksen sivukivissä osassa näytteitä keskimääräiset koboltti-, kromi ja kuparipitoisuudet ylittivät nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) kynnyksarvon. Nikkelipitoisuus ylitti kaikissa näytteissä kynnyksarvon (Taulukko 4-3). On kuitenkin huomattava, että kokonaispitoisuuksia tehtiin sekä kuningasvesiuutolla että käyttäen nelihappouuttoa. Nelihappouutossa pitoisuudet ovat tyypillisesti suurempia kuin kuningasvesiuutossa käytettäessä. Tarkasteltaessa aineiden mobilisoiduista sulfidien hapettuessa NAG-testin loppuliouksesta mitattujen pitoisuuksien avulla (Taulukko 4-4), havaitaan, että ainoastaan kvartsidioriitti- ja gneissinäytteissä merkittävä osa kadmiumista ja kuparista sekä kvartsidioriittissa myös sinkistä mobilisoitui NAG-testin loppulioukseen.

Taulukko 4-3. Konttijärven sivukivilajien keskimääräiset kokonaispitoisuudet, nelihappouutto, sekä nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) kynnyks- ja ohjearvot. HUOM! PIMA-asetuksen raja-arvot perustuvat kuningasvesiliukoisiin pitoisuuksiin.

	Metallit ja metalloidit									
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Näyte	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Taustapitoisuus*	0,67	0,02	3,6	19	9	7,7	2,6	0,03	26,4	11
Kynnyksarvo	5	1	20	100	100	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	150	750	50	250	400
Gabronoriitti	1.7	0.04	53	265	39	367	5,1	0,06	70	51
Laikukas gabronoriitti	0,76	0,06	51	147	73	356	5,9	0,05	89	56
Peridotiitti	0,90	0,07	117	190	351	1204	0,97	0,05	52	70
Pyrokseniitti	0,43	0,04	78	432	71	585	2,3	0,05	79	59
Maasälpäpyrokseniitti	0,56	0,02	70	492	27	477	1,0	0,05	71	60
Oliiviinipyrokseniitti	0,71	0,11	95	394	160	748	1,8	0,08	65	111
Anortosiitti	1,1	0,06	46	100	61	385	8,9	0,20	57	51
Kloriitti-tremoliittikivi	0,37	0,02	112	151	71	985	0,25	0,05	53	76

Taulukko 4-4. Konttijärven louhoksen sivukivinäytteiden kuningasvesiliukoiset pitoisuudet ja NAG-testissä mobilisoituvuus osuus sekä vertailu nk. PIMA-asetuksen kynnyks- ja ohjearvoihin (VNA 214/2007).

Parametri		As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Taustapitoisuus*		0,67	0,02	3,6	19	9	7,7	2,6	0,03	26,4	11
Kynnysarvo		5	1	20	100	100	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo		50	10	100	200	150	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo		100	20	250	300	200	150	750	50	250	400
Gabronoriitti	Tot_AR, mg/kg	0,09	0,01	25	121	26	165	1,2	0,01	22	27
	NAG-sol. %	-	-	-	1,7	-	-	-	-	4,2	4,3
Laikukas gabronoriitti	Tot_AR, mg/kg	0,11	0,01	26	51	66	195	2,3	0,01	22	28
	NAG-sol. %	-	-	-	1,9	-	-	-	-	4,1	3,6
Peridotiitti	Tot_AR, mg/kg	0,16	0,08	55	163	460	522	1,4	0,01	44	31
	NAG-sol. %	-	-	-	0,85	-	-	-	-	0,69	3,7
Pyrokseniitti	Tot_AR, mg/kg	0,08	0,01	34	251	126	292	1,6	0,01	28	26
	NAG-sol. %	-	-	-	1,8	-	-	-	-	4,2	4,5
Maasälpäpyrokseniitti	Tot_AR, mg/kg	0,05	0,01	35	255	35	230	0,12	0,01	22	33
	NAG-sol. %	-	-	-	1,0	-	-	-	-	3,5	5,3
Oliviinipyrokseniitti	Tot_AR, mg/kg	0,07	0,01	58	148	3	477	0,18	0,01	32	66
	NAG-sol. %	-	-	-	0,41	-	-	-	-	2,6	-
Siirrosbreksia	Tot_AR, mg/kg	0,29	0,01	25	232	60	117	1,2	0,01	59	78
	NAG-sol. %	-	-	-	2,5	-	-	-	-	4,4	-
Kvartsi-dioriitti	Tot_AR, mg/kg	0,32	5,1	44	226	906	654	75	0,04	43	677
	NAG-sol. %	-	99	23	1,0	70	28	25	-	2,7	80
Gneissi	Tot_AR, mg/kg	1,6	0,12	39	225	385	416	6,1	0,01	65	106
	NAG-sol. %	-	77	42	0,67	55	46	6,8	-	2,0	20

Ahmavaaran louhoksen sivukivinäytteissä nelihappouuton tuloksena saadut keskimääräiset kokonaispitoisuudet ylittivät nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) koboltin, kromin, kuparin sekä vanadiinin kynnysarvon osassa näytteistä sekä nikkelin ylempään ohjearvon kaikissa näytteissä. Tarkasteltaessa aineiden mobilisoitumista sulfidien hapettuessa NAG-testin loppuliukeesta mitattujen pitoisuuksien avulla (Taulukko 4-6), voidaan todeta, että merkittävää mobilisoitumista tapahtui kvartsidioriittissa kadmiumin ja kuparin osalta sekä hybridigabrossa kuparin osalta.

Taulukko 4-5. Ahmavaaran sivukivilajien keskimääräiset kokonaispitoisuudet, nelihappouutto, sekä nk. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) kynnys- ja ohjearvot. HUOM! PIMA-asetuksen raja-arvot perustuvat kuningasvesiliukoisiin pitoisuuksiin.



	Metallit, kokonaispitoisuudet									
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Näytteet	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Taustapitoisuus*	0,67	0,02	3,6	19	9	7,7	2,6	0,03	26,4	11
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	150	750	50	250	400
Gabronoriitti	0,63	0,11	53	213	88	334	6,1	0,06	123	62
Laikukas gabronoriitti	1,28	0,05	46	143	53	307	8,0	0,05	72	48
Pyrokseniitti	0,46	0,05	66	450	45	434	2,4	0,07	67	54
Oliviini-pyrokseniitti	0,56	0,08	104	438	248	867	0,98	0,11	72	79
Maasälpä-pyrokseniitti	0,42	0,04	87	146	79	690	3,0	0,05	49	77
Peridotiitti	2,20	0,04	115	179	169	1035	0,98	0,05	50	57
Laikukas anortosiitti	0,67	0,03	32	89	9,0	204	11	0,05	64	41

Taulukko 4-6. Ahmavaaran louhoksen sivukivinäytteiden kuningasvesi-liukoiset pitoisuudet ja NAG-testissä mobilisoituva osuus sekä vertailu nk. PIMA-asetuksen kynnyks- ja ohjearvoihin (VNA 214/2007).

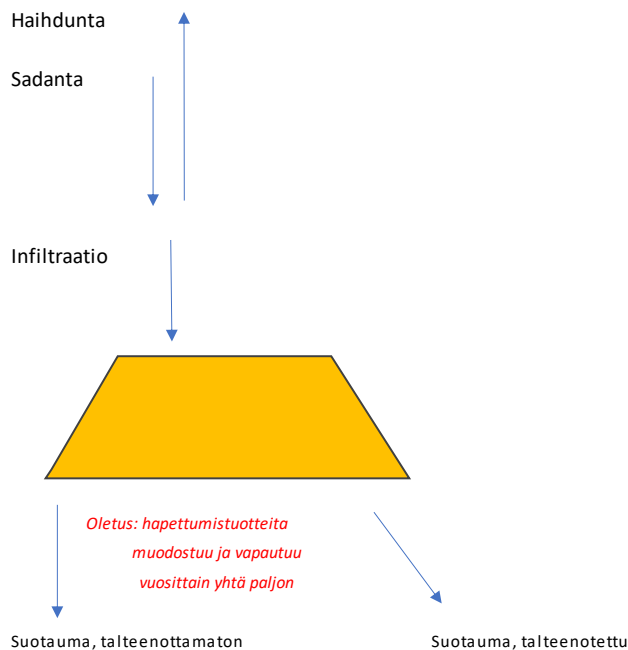
Parametri		As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Taustapitoisuus*		0,67	0,02	3,6	19	9	7,7	2,6	0,03	26,4	11
Kynnysarvo		5	1	20	100	100	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo		50	10	100	200	150	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo		100	20	250	300	200	150	750	50	250	400
Gabronoriitti	Tot_AR, mg/kg	0,25	0,05	31	171	114	184	2,1	0,02	35	36
	NAG-sol. %	-	-	-	1,4	-	-	-	-	4,3	6,1
Laikukas gabronoriitti	Tot_AR, mg/kg	0,15	0,02	25	52	61	188	3,5	0,01	20	28
	NAG-sol. %	-	-	-	1,9	-	-	-	-	3,7	-
Peridotiitti	Tot_AR, mg/kg	1,00	0,04	62	146	220	527	1,0	0,02	41	35
	NAG-sol. %	-	-	-	0,88	-	-	-	-	0,61	8,2
Oliviinipyrokseeniitti	Tot_AR, mg/kg	0,32	0,04	52	509	430	483	0,3	0,04	40	28
	NAG-sol. %	-	-	-	1,9	-	-	-	-	1,3	2,7
Kvartsidioriitti	Tot_AR, mg/kg	1,20	0,20	13	22	287	24	13	0,01	36	59
	NAG-sol. %	-	92	23	1,7	71	12	30	-	4,1	29
Hybridigabro	Tot_AR, mg/kg	0,31	0,67	30	212	296 3	250	6,3	0,02	80	138

Parametri		As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	NAG-sol. %	-	35	14	0,81	54	20	-	-	1,8	12

4.2 Konseptualisointi

Sivukivialueiden oletettiin olevan maksimilaajuudessaan mallinnetuissa skenaarioissa. Sivukivialueiden kuormitus muodostuu alueille satavan veden ja sivukiven pinta- ja rapautumisreaktioiden yhteisvaikutuksesta sekä sekundaärimineraalien muodostumis- ja liukenemisreaktioista. Kemiallisia reaktioita rajoittaa tyypillisesti hapen saatavuus, jota ei ole mallissa rajoitettu toiminnan ajalle. Sivukiven hienoainemäärä oletetaan sen verran vähäiseksi, että hapen saatavuus ei merkittävästi esty.

Mallinnus on alustava ja pitkälle yksinkertaistettu. Sivukivialueelta poistuu mallissa vuosittain sama määrä rapautumistuotteita, kuin niitä muodostuu. Vaikka sivukivi läjitetään eri aikoina ja hapettumisen alkamisessa on viive, malli laskee koko kivimassan samanaikaisesti hapettuvana. Tätä laskentatapaa voidaan pitää yliarvioita tuottavana.



Kuva 4-1. Sivukivialueiden vesijakeiden konseptuaalinen malli (numeerisen arvioinnin periaatekuvaus). Reaktiivisen massan määrittelyssä on mukana hienoaineksen osuus sivukivialueella sekä veden kanavoitumisen vaikutus.

4.3 Sivukivialueiden vesien laadut

Ahmavaaran ja Konttijärven louhosalueilla on kummallakin omat sivukiven läjitysalueensa. Sivukivet jaotellaan tavalliseen sivukiveen, jonka rikkipitoisuus on alle 0,1 %, ja sulfidiseen sivukiveen, jonka rikkipitoisuus on yli 0,1 %.

Source term -mallinnus perustuu laboratoriotulosten skaalaukseen todellisia kenttäolosuhteita vastaaviin (kiven määrä, partikkelikoko, lämpötila, läpisyötyvän veden määrä ja kanavoituminen). Suotovesilaadun arvioinnissa käytettiin pääsivukivilaatuksen NAG-testin loppulioksen tuloksia, jotka skaalattiin vastaamaan kosteuskammiokeiden viikkoliuosta. Nämä otettiin huomioon keskimääräisinä pitoisuuksina Konttijärven sekä Ahmavaaran kattopuolen, peridotiitin ja jalkapuolen kivien muodostumissuhteessa. Konttijärven sulfidisen sivukiven laskennassa käytettiin valmistuneita gneissi- ja kvartsidioriittinäytteiden kosteuskammiotuloksia sellaisenaan sekä mukautetussa skenaariossa rikki-, kupari- ja nikkelpitoisuuksiltaan suhteutettuna Konttijärven kairareijistä analysoitujen pitoisuuksien keskiarvoihin.

Mallinnus kuvaa tilannetta, jossa kaikki sivukivi on läjitetty alueelle. Mallinnustapa yliarvioi muodostuvan veden sulfaattipitoisuutta, todennäköisesti merkittävästikin. Hapettumistuotteita voi muodostua todellisuudessa vähemmän kuin tässä tarkastelutavassa, koska hapettuvaa massaa vähentää viive hapettumisen alkamisessa. Lisäksi eri aikoina läjitettävien kivien hapettuminen käynnistyy vähitellen eri aikoina. Läjityksen koko reaktiivinen massa ei siis välttämättä hapetu samanaikaisesti. Yliarvio on erityisen suuri vähärikkisessä (tavallisessa) kivessä, jossa tämä pitkälle yksinkertaistettu laskentatapa voi hapettaa saman sulfidin kahteen kertaan.

Taulukko 4-7. Tasapainomallinnetut sivukivialueiden suotovesilaadut.

		Konttijärvi			Ahmavaara	
		Tavallinen sivukivialue	Sulfidinen sivukivialue	Sulfidinen sivukivialue mukautettu	Tavallinen sivukivialue	Sulfidinen sivukivialue
pH		9,2	9,0	9,0	9,5	9,3
As	mg/l	0,002	0,001	0,001	0,011	0,016
Ba	mg/l	0,45	0,46	0,46	1,4	0,34
Be	mg/l	0,01	0,003	0,003	0,028	0,028
Cd	mg/l	0,00	0,001	0,000	0,006	0,008

		Konttijärvi			Ahmavaara	
		Tavallinen sivukivialue	Sulfidinen sivukivialue	Sulfidinen sivukivialue mukautettu	Tavallinen sivukivialue	Sulfidinen sivukivialue
Co	mg/l	0,01	0,004	0,004	0,028	0,066
Mo	mg/l	0,01	0,008	0,008	0,22	0,055
Pb	mg/l	0,01	0,005	0,004	0,028	0,048
Sb	mg/l	0,01	0,004	0,004	0,029	0,028
Se	mg/l	0,03	0,07	0,07	0,089	0,21
Sn	mg/l	0,01	0,000	0,000	0,022	0,022
Th	mg/l	0,04	0,004	0,004	0,11	0,11
U	mg/l	0,00	0,008	0,008	0,006	0,007
V	mg/l	0,21	0,024	0,024	0,57	0,19
Al	mg/l	2,00	3,6	3,6	5,5	6,7
Ca	mg/l	121	251	251	233	2473
Cr	mg/l	0,44	0,00001	0,00001	1,2	1,3
Cu	mg/l	0,09	0,0004	0,0002	0,28	10
Fe	mg/l	5,0	0,43	0,43	14	15
K	mg/l	150	351	351	437	87
Mg	mg/l	70	92	92	212	47
Mn	mg/l	0,10	0,22	0,22	0,28	0,47
Na	mg/l	25	139	139	69	85
Ni	mg/l	0,09	0,060	0,002	0,27	0,56
PO4-	mg/l	1,2	1,1	1,1	4,7	4,7
Sr	mg/l	0,27	1,7	1,7	0,75	2,274
Ti	mg/l	0,17			0,46	0,28
Zn	mg/l	0,001	0,0003	0,0001	0,003	0,041
Cl	mg/l	0,87	34	34	2,9	8,2
F	mg/l	0,10	1,0	1,0	0,28	0,28
NO3	mg/l	12	80	80	32	32
SO4	mg/l	169	817	270	581	5083
NH4	mg/l	15	6,2	6,2	40	41

Kaikilta sivukivialueilta suotautuva vesi on emäksistä. Kationeista suurimmat pitoisuudet ovat alkali- ja maa-alkalimetalleilla sekä alumiinilla. Sulfaatti on pääanioneja. Metallien ja metalloidien pääasiallinen lähde on sulfidien hapettumisreaktiot sekä kalsiumin ja magnesiumin osalta karbonaattimineraalien liukeneminen neutraloitumisreaktioissa. Sulfidimineraalien hapettumistuotteiden määrän arvioidaan olevan mallinnustavasta johtuva konservatiivinen tulos. Tasapainomallinnuksessa sinkkiä pidättyy kaikilla sivukivialueilla,

Konttivaaran sulfidisella sivukivialueella myös kromi, kupari ja nikkeli pidättyivät merkittävästi tasapainomallinnuksessa.

Mallinnustavassa oletetaan typpeä vapautuvan sivukivestä vuosittain saman verran kuin sitä vuosittain varastoituu alueelle tuotavan uuden kiven mukana. Todellisuudessa typen poistuminen läjityksestä tapahtuu kuitenkin viiveellä. Todellisuudessa tyyppi ei siis näy mallinnetun kaltaisina määrinä suotovesissä alkuvuosina.

5 PINTAMAAT

Pintamaiden varastointialueilta tulevan suotoveden ei oleteta poikkeavan oleellisesti alueen nykyisestä pohjavesilaadusta, tosin kiintoainetta voidaan olettaa kulkeutuvan jossain määrin.

Turpeen kemiallista koostumusta ei ole tutkittu, mutta turpeen läjitysalueilta oletetaan kulkeutuvan kiintoaineen lisäksi myös orgaanista hiiltä. Turpeen hajoitessa varastoinnin aikana vapautuu myös jonkun verran ravinteita (N, P).

6 LOUHOSTEN KUIVATUSVEDET

Louhosten kuivatusveden laatu muuttuu jonkin verran louhinnan edetessä. Alustava vedenlaadunarviointi tehtiin arvioimalla louhoksen lopullisen seinämän kivilajit, mutta mallinnuksessa ei otettu huomioon louhokseen mahdollisesti tulevaa kalliopohjavettä.

Sivukivien läjitysalueet ovat ainakin osittain louhosten valuma-alueella, ja niiden oletetaan vaikuttavan myös kuivatusvesien laatuun. Suurin osa sivukivialueiden suotovesistä oletetaan kerättävän suotovesiojien kautta kaivoksen vesikiertoon. Osa suotovesistä päätyy louhoksiin, ja pieni osa ohittaa kaivoksen vesienkäsittelyn täysin.

Louhosten kuivatusvesien pitoisuudet eivät ole kovin suuria, mutta kadmiumin, kuparin, nikkelin ja lyijyn pitoisuudet ovat koholla (Taulukko 6-1). Sulfaattipitoisuus molemmissa louhoksissa on erittäin alhainen.

Taulukko 6-1. Konttijärven ja Ahmavaaran louhosten tasapainomallinnetut kuivatusvesilaadut.

	Konttijärvi Louhoskuivatus mg/l	Ahmavaara Louhoskuivatus mg/l		Konttijärvi Louhoskuivatus mg/l	Ahmavaara Louhoskuivatus mg/l
Al	0,16	0,49	Na	2	6,1
As	0,00017	0,001	Ni	0,0077	0,024
Ba	0,036	0,13	P	0,097	0,42
Be	0,0008	0,0025	Pb	0,00081	0,0025
Ca	9,6	21	Sb	0,0008	0,0025
Cd	0,00016	0,00049	Se	0,0026	0,0079
Cl	0,069	0,26	Sn	0,00064	0,002
Co	0,00081	0,0025	Sr	0,021	0,067
Cr	0,035	0,11	Th	0,0032	0,0099
Cu	0,0077	0,027	Ti	0,014	0,041
F	0,008	0,025	U	0,00016	0,00049
Fe	0,4	1,2	V	0,017	0,051
K	12	39	Zn	0,00041	0,00038
Mg	5,6	19	SO4	13	52
Mn	0,008	0,025	NO3	0,92	2,9
Mo	0,00076	0,02	NH4	1,2	3,6

7 HERKKYYDET JA EPÄVARMUUDET

7.1 Herkkyydet

Käytetty mallinnustapa on pitkälle yksinkertaistettu ja käsittelee mallinnettavat skenaariot tasapainotiloina, joissa hapettumistuotteita muodostuu ja poistuu läjityksestä yhtä paljon.

Jotta tasapainomallinnusta voidaan hyödyntää, on ensin tunnistettava mallinnettavan kohteen pääasialliset saostumisreaktiot. Kaivannaisjätteille käytetään tyypillisesti raudan saostumistuotteita. Tasapainomallinnuksessa sorptio on määritelty yksinkertaistetusti käyttäen rikastushiekka-alueella saostuvaa ferrihydraattia pääasiallisena pintareaktioalustana, ja sekundäärinä sorboivina pintoina götiittiä ja hematiittiä. Mallinnuksessa myös oletetaan, että kaikki liuoksessa oleva rauta on vaihdettavissa vastaavaan mineraaliin eli ferrihydraattiin.

Mallien herkkyyksistä mainittakoon keskeisimpänä hapettumisolosuhteet. Malli on suotoveden osalta suhteellisen herkkä hapettumiselle altistuvan vyöhykkeen määritelmän suhteen. Mikäli rikastushiekka-altaan tai eristerakennealtaan arvioinnissa hapen kulkeutuminen sallitaan merkittävästi syvemmälle, myös suotoveden laatu heikkenee eli pitoisuudet kasvavat. Vastaavasti muut sulfidien hapettumiseen liittyvät tekijät (esimerkiksi lämpötila) vaikuttavat mallin tulokseen. Altaiden pinnalta pumpattavan veden laatu on hieman vähemmän herkkä hapettumisen olosuhdetekijöille altaan pinnalla vallitsevan suuremman vesi-kiintoainesuhteen takia.

Sivukivialueilla reaktiivisen massan määritelmä vaikuttaa tuloksiin. Sivukivi on raekooltaan varsin karkeaa eikä sivukiviläjityksessä ole merkittäviä kyllästyneitä vyöhykkeitä, jotka vaikuttaisivat reaktiivisen massan määrittelyyn. Jos hienoaineksen osuus kokonaiskivimassasta suurenee tai veden virtaus läjityksessä on oletettua tasaisempaa, hapettumiselle altistuu suurempi määrä kiveä ja mineraalien hapettumistuotteiden määrä kasvaa. Myös sivukivialueella lämpötilan merkitys hapettumisnopeuteen on suuri, mutta toisaalta vuoden keskilämpötilamuutosten täytyisi olla todella suuria vaikuttaakseen mallinnustuloksiin suuruusluokkatasolla.

Louhostiloissa epävarmuuksia ja herkkyyksiä liittyy erityisesti louhosseinämien (räjäytystyön seurauksena) rakoilleen ja hienontuneen kerroksen mineraalipinta-alan käsittelyyn mallissa. Rakoilu on keskeinen osa reaktiivisen massan määrittelyä louhostiloissa, ja tulokset ovat herkkiä reaktiivisen massan määrälle.

7.2 Epävarmuudet

Vedenlaatu- ja kuormitusarviot perustuvat erittäin varhaisen selvitysvaiheen aineistoon. Alueen layout on muuttunut mallinnustyön jälkeen. Muutoksien valossa suurin epävarmuus on Konttijärven sivukivialueiden suotovesilaa-duissa. Myöskään sivukivialueiden talteenotettavan ja talteenottamattoman suotoveden osuuksia eri sivukivialueilla ei ole arvioitu. Kalliopohjaveden laatua ei ole otettu huomioon louhosten kuivatusvesilaa-dun arvioinnissa. Mallin-nuksen aikana Ahmavaaran louhoksen hydrogeologinen mallinnustyö ei ollut valmis.

Sivukivialueiden vesilaadun mallit on tehty ennen kosteuskammiokoekoiden tulosten tuloa saataville, skaalaamalla NAG-liuoksen pitoisuus kokemusperusteisesti kosteuskammiokokeen viikkoliuokseksi, jota on helpompi käyttää mallinnuksen syötteenä. NAG-uute syötetietona on kuitenkin kosteuskammiokoetta epätarkempi ja tuottaa yleensä yliarvioita. Kosteuskammiokokeen viikkoliuoksen ja NAG-uuteen suhdekerroin on jälkikäteen tarkistettu paikkakohtaisesti tätä raporttia laadittaessa (jolloin kosteuskammiokoetuloksia on jo ollut saatavilla). Mallinnusvaiheessa käytetty kokemusperäinen kerroin vastaa todellisten kivilajikohtaisten kertoimien keskiarvoa Suhangossa. Ympäristölupavaiheeseen on jo käytettävissä riittävän pitkä kosteuskammiokoekajakso ja tarkennetut mallit tehdään kosteuskammiokoetuloksia hyödyntäen.

8 SYÖTETIEDOT JA OLETUKSET

8.1 Rikastushiekka-altaan syötetiedot ja oletukset

Rikastushiekka-altaan vesien laatuarvioinnissa käytetyt oletukset ja syötetiedot kuvataan alla (Taulukko 8-1).

Taulukko 8-1. Rikastushiekka-altaan mallinnuksessa käytetyt syötetiedot ja skalausoletukset

Parametri	Syötetieto tai oletus
Rikastushiekka-alue	
Hapettumiselle altistuva kerros altaan pinnalla, rikastushiekka-alue, keskimäärin altaan alueella	50 cm
Pinta-ala	470 ha
Imeytyminen rikastushiekkaan	360 mm
Raekokokerroin	1
Lämpötilakerroin	0,24 (Arrheniuksen yhtälön mukainen)
Kiintoaine lietteessä	55 % w/w
Altaalle tuleva prosessivesi	1015 m ³ /h
Vuoto altaan pohjan läpi	1601,5 m ³ /d
Jätteen tiheys	noin 1579 kg/m ³
Prosessivesi	Ahmavaaran LC-rikastuskoe, 8 kierroksesta extrapoloitu kierros 10 (forecast, excel), kierros 10 edustaisi laskennallista tasapainotilaa.
Typpilaskenta	
Typpi lisäys on laskettu emulsioräjähdjäämänä Sjölundin (1997) esittämän räjähdysainekoostumuksen mukaisesti, käyttäen <i>powder-factor</i> -arvioita eli arviota räjähdysaineen käyttömäärästä.	

8.2 Sivukivialueiden syötetiedot ja oletukset

Sivukivialueiden mallinnuksessa käytetyt syötetiedot ja oletukset on esitetty taulukossa 8-2. Suotaman on oletettu olevan valunnan suuruinen, sadantietona on käytetty havaintoaseman Ranua keskimääräistä sadantaa vuosina 1981–2018. Haihdunnan on oletettu olevan 50 % sadannasta.

Taulukko 8-2. Sivukivialueiden mallinnuksessa käytetyt syötetiedot ja skaalausole-
 tukset

Parametri	Syötetieto tai oletus	Yksikkö
Nettosadanta	314	mm/a
Pinta-ala	98	ha
Suotauma	1367	m ³ /d
Konttijärvi tavallinen sivukivialue		
Kokonaismassa, kattopuoli (HW)	41 968 946 880	kg
Kokonaismassa, peridotiitti	16 847 494 140	kg
Kokonaismassa, jalkapuoli (Basement)	12 827 513 200	kg
Konttijärvi sulfidinen sivukivialue		
Kokonaismassa, peridotiitti	37 284 250	kg
Kokonaismassa, jalkapuoli (Basement)	371 801 440	kg
Skaalauskerroimet		
Lämpötilakerroin	0,2	Arrheniuksen yhtälön mukainen
Raekokerroin (sivukivi)	0,2	
Kanavoitumiskerroin (sivukivi)	0,2	
NAG/kosteuskammiokerroin	0,002	
Typpilaskenta (Sjölund 1997)		
Räjähdyksaineista peräisin oleva NH ₄ -lisä	7,6	g/tn
Räjähdyksaineista peräisin oleva NO ₃ -lisä	6	g/tn

8.3 Louhosten syötetiedot ja oletukset

Louhostilojen vesien laatuarvioinnissa käytetyt oletukset ja syötetiedot kuvataan alla (Taulukko 8-3).

Taulukko 8-3. Louhosten mallinnuksessa käytetyt syötetiedot ja skaalausole-
 tukset

Parametri	Syötetieto tai oletus
Konttijärven louhos	
Kuivatusveden määrä (AFRY 2021)	3600 m ³ /vrk
Kalliopohjaveden osuus kaikista pohjavesistä	0,95

Parametri	Syötetieto tai oletus	
Sivukivialueesta louhoksen mikrovaluma-alueella oleva osuus	0,50	
Louhoksen pinta-ala	60 ha	
Louhoksen syvyys	208 m	
Nettosadanta	314 mm/a	
Kiviaineksen keskitiheys louhosseinämissä	2900 kg/m ³	
Erittäin rakoillut vyöhyke louhosseinämissä (Lorax 2013)	0,9 m	
Rakoillut vyöhyke (Lorax 2013)	2,9 m	
Lämpötilakerroin	0,25 Arrheniuksen yhtälön mukainen	
NAG/HCT-kerroin	0,002	
Kivilajijakauma	Kuten sivukivialueilla	
Kiviaineksen pitkäaikaiskäyttäytyminen	NAG-testin loppuliuos	
Ahmavaaran louhos		
Kuivatusveden määrä (AFRY 2021)	8280 m ³	
Kalliopohjaveden osuus kaikista pohjavesistä	0,95 %	
Sivukivialueesta louhoksen mikrovaluma-alueella oleva osuus	0,75	
Kiviaineksen keskitiheys louhosseinämissä	2900 kg/m ³	
Erittäin rakoillut vyöhyke louhosseinämissä (Lorax 2013)	0,9 m	
Rakoillut vyöhyke (Lorax 2013)	2,9 m	
Rakojen/hienoaineksen osuus louhosseinämissä	0,01	
Lämpötilakerroin	0,25 Arrheniuksen yhtälön mukainen	
NAG/HCT-kerroin	0,002	
Kivilajijakauma	Kuten sivukivialueilla	
Kiviaineksen pitkäaikaiskäyttäytyminen	NAG-testin loppuliuos	
Räjähdyssainetyppi louhoksessa		
Räjähdyssaineista peräisin oleva NH ₄ -lisä	7,6	g/tn
Räjähdyssaineista peräisin oleva NO ₃ -lisä	6	g/tn

8.4 Massataseyhtälö ja skaalauskerroimien käyttö

Kaivannaisjätealueen yleinen massataseyhtälö:

$$\text{Suotovesilaatu mg/l} = \frac{[\text{keskiarvoistettu kosteuskammiokeeseen viikkoliuos mg/kg/viikko} \times \text{reaktiivinen massa kg}] \div [\text{infiltraatio jätealueelle l/viikko}]$$

$$\text{Skaalauskerroin (kokonaiskerroin)} = \text{Skaalauskerroin 1} \times \text{Skaalauskerroin 2} \times \text{Skaalauskerroin 3}$$

Esimerkiksi sivukivialueella (kappale 8.2): Skaalauskerroin 1 on hienoaineksen osuus louhostäytössä, skaalauskerroin 2 on kanavoituminen ja

skaalauskerroin 3 on lämpötilaskaalaus. Massataselaskennan ja skaalauksen jälkeen vesilaatu on vielä tasapainomallinnettu (kappale 8.5).

8.5 Geokemiallinen tasapainomallinnus

Geokemiallisessa tasapainomallinnuksessa kuvataan tutkittavan liuoksen koostumusta aineiden tasapainovakioiden eli liukenemisen ja saostumisen avulla. Mallinnustulokseen vaikuttaa merkittävästi käytettävän termodynaamisen ja kineettisen vertailukirjaston laajuus, johon tutkittavan liuoksen komponentteja verrataan.

Tässä työssä käytettiin Geochemist's Workbench -mallinnusohjelman versiota 15.0. Mallinnuksessa käytettiin seuraavia oletuksia:

- Adsorptiomalli: Dzombak & Morel, 2-kerrosvakiokapasitanssimalli, $C=2,0 \text{ F m}^{-2}$.
- Ferrihydraatti ensisijaisena mineraalina (raudan suhteellinen määrä suhteessa potentiaaliseen sulfidin hapettumiseen laskettuna pyriitin hapettumisena ja liukoisena rautana), käytetty kirjasto FeOH.sdat, paitsi Ahmavaaran rikastushiekka-altaalle FeOH_minteq.sdat.
- CO_2 :n osapaine fugasiteetin logaritmina -3,5, H^+ tasapainossa hiilidioksidin (kaasumainen) kanssa.
- Mikäli HCO_3^- :n pitoisuutta ei ollut kokeellisesti saatavissa, laskettiin se Ca :n ja Mg :n pitoisuuksista olettaen, että molempia esiintyy ainoastaan karbonaattimineraaleissa.

9 VIITTEET

AFRY Finland Oy 2020. Hydrogeological study, numerical groundwater flow modelling: A regional groundwater model. The Suhanko Project.

Lorax 2013. Casino Geochemical Source Term Development. Pit Wall Source Terms. https://casinomining.com/resources/YESAA_Project_Proposal/Volume3/7D_Geochemistry_Reports_Appendix.pdf

MEND 1997. Short course for prediction models for acid rock drainage. 4th International conference on acid rock drainage. Vancouver 1997.

MEND 2006. Update on Cold Temperature Effects on Geochemical Weathering. Report prepared by SRK Consulting. MEND Report 1.61.6

Pöyry Finland Oy 2019. Suhanko Arctic Platinum Oy. Waste rock and overburden, complementary characterization.

Pöyry Finland Oy 2019. Suhanko Arctic Platinum Oy. Konttijärvi tailings in-pit study.

Rowe, K, Joshi, P, Brachman, M & McLeod, H, 2017. Leakage through Holes in Geomembranes below Saturated Tailings)

Sanchidrian J., Singh A. (Ed.) 2012. Measurement and Analysis of Blast Fragmentation. CRC Press 2012.

Sjölund, G., 1997. Kväveläckage från sprängtesmassor. Examensarbete. Luleå Tekniska Universitet. Institutionen för Samhällsbyggnadsteknik.