

Liite 3



Vesi- ja kuormataseraportti

Rikastushiekka-allasalueen laajentamisen YVA-selostuksen liite 3

Sotkamo Silver Oy

Projektinnumero: 101022809-001

27.3.2024

Sisältö

1	JOHDANTO	4
1.1	Hankkeesta	4
1.2	Tämä raportti.....	4
1.3	Vesitasemallin versiohistoria	4
2	Kaivoksen vesikierto ja toiminnot	5
2.1	Nykytila	5
2.2	YVA:ssa tarkastellut hankevaihtoehdot	7
2.2.1	VE0	7
2.2.2	VE1 ja VE2.....	7
3	Vesitasemallin kuvaus	9
3.1	Mallityyppi ja mallinnusohjelma.....	9
3.2	Mallinnuksen aika-askeleen valinta	9
4	Mallinnuksen lähtötiedot (Mallin syötet)	10
4.1	Ilmastosyötet ja skenaariot.....	10
4.2	Ilmastomuutos	11
4.3	Rikastushiekka-altaat ja selkeytysaltaat.....	12
4.4	Tuotantoprosessiin liittyvät lähtötiedot	14
4.5	Hydrogeologiset tiedot.....	15
4.6	Valuma-alueet.....	16
4.7	Vedenlaatutiedot	17
4.8	Luparajat	20
5	Vesitasetulokset	22
5.1	Purkuvesimäärät.....	22
5.2	Vesijakeet	22
6	Kuormitustulokset	24
7	Altaiden mitoituksen tarkastelu	26
8	Herkkyystarkastelu	26
8.1	Sadannan vaikutus	27
8.2	Kaivoksen kuivatusvesimäärän vaikutus	28
8.3	Vedenpuhdistamon poistotehon vaikutus	29
9	Mallin tulosten soveltuvuus ja epävarmuudet.....	31
10	Lähteet	32

Liitteet

- | | |
|---------|--|
| Liite 1 | Ilmastoparametrien määrittäminen ja aineistotaulukot |
| Liite 2 | Vesitaselaskennan tuloskaaviot |

1 JOHDANTO

1.1 Hankkeesta

Tämä raportti on osa Sotkamo Silverin kaivoksen toimintojen laajentamisen ympäristövaikutusten arviointiselostusta 2024. Toimintojen laajentaminen käsittää nykyisen kaivosalueella olevan rikastushiekka-allasalueen laajentamisen, malmituotantomäärien noston ja kaivoksen toiminta-ajan pidentämisen. Hankkeen vaikutusten tarkastelu perustuu YVA-lakiin (252/2017) ja -asetukseen (277/2017).

Rikastushiekka-alueen laajentaminen toteutetaan nykyisen rikastushiekka-altaan viereen. Hankkeessa tarkastellaan rikastushiekka-altaan laajennuksen lisäksi nykytilaan nähden vaihtoehtoisen vesien purkusuunnan sekä rikastushiekan ja sivukiven kaivostäyttöihin hyödyntämisen ympäristövaikutuksia.

Sotkamo Silver Oy:n kaivos sijaitsee Sotkamon Tipasojan kylässä n. 40 km Sotkamon kuntakeskuksesta kaakkoon. Toiminta sijoittuu Taivalhopea-nimiselle kaivospiirille, joka on Tukesin päätöksellä määrätty vuonna 2011. Kaivospiirin kokonaispinta-ala on yhteensä 371,44 ha. Lähin vesistö on hankealueen pohjoispuolelle, n. 1,2 km:n etäisyydelle sijoittuva Tipasjärvi.

Kaivoksen päätuotteita ovat hopea-, kulta- ja lyijyrikaste (Ag-Au-Pb-rikaste) sekä hopeaa sisältävä sinkkirikaste (Zn-Ag-rikaste). Lisäksi tuotteena saadaan hieman hopeaa sisältävää pyriittirikastetta (FeS₂). Tärkein rikasteidensisältämä metalli on hopea.

Kaivoksella on ollut aiemmin toisen omistajan aikana toimintoja vuosina 1988–1991. Vanhan kaivospiirin rauettua 2005, Sotkamo Silver teki alueelle valtausvarauksen ja tuotanto aloitettiin vuonna 2019.

1.2 Tämä raportti

Tässä raportissa esitetään hankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostusvaiheeseen laaditut tuotantovaiheen aluevesitase- ja kuormatasemalli. Mallinnuksen tavoitteena on kuvata kaivostoimintojen vesitase ja kuormitukset vesistöön huomioiden tarkasteltavien hankevaihtoehtojen toiminnot ja rakenteet, tuotantosuunnitelma 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, maanalaisen kaivoksen, rikastushiekan läjitysalueiden, sivukiven läjitysalueiden, malmin välivarastoalueiden, vesialtaiden sekä pintavalutuskenttien taseista.

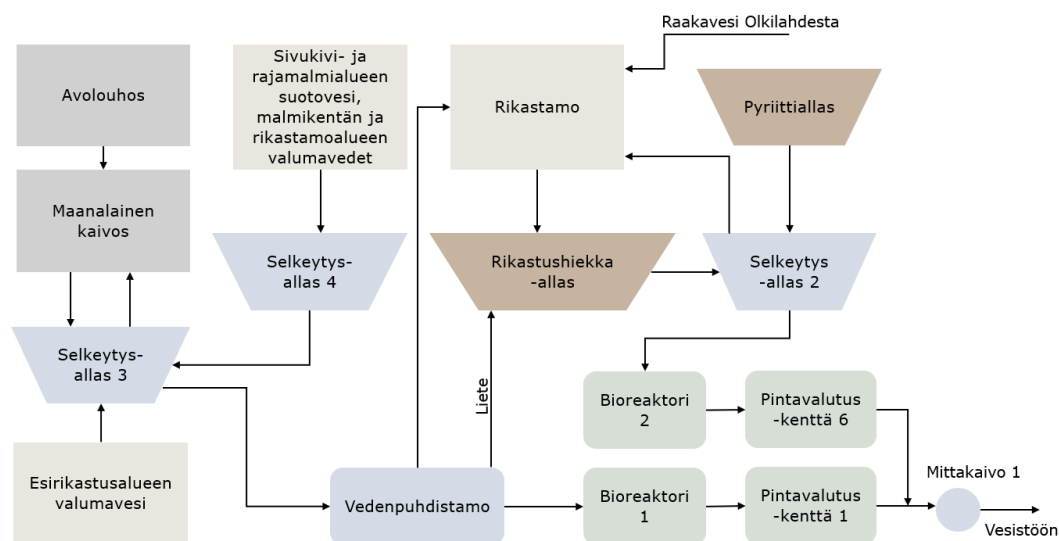
1.3 Vesitasemallin versiohistoria

Teollisuustaito Oy rakensi kaivokselle ensimmäisen vesitasemallin tuotannon käynnistysvaiheessa. Vesitasemallia on käytetty sen jälkeen osana kaivoksen käyttö- ja ympäristötarkkailua. AFRY Finland Oy on päivittänyt vesitasemallia YVA-ohjelman ja -selostuksen aikana 2022–2024.

2 Kaivoksen vesikierto ja toiminnot

2.1 Nykytila

Kaivoksen nykytilan vesikierto on kuvattu kaaviokuvassa (Kuva 2-1) ja toimintojen sijoittuminen kartalla kuvassa alla (Kuva 2-2). Vesikiertokaavio toimii aluevesitase- ja kuormitustasemallin perustana. Vesikierron eri osa-alueet ovat avolouhos, maanalainen kaivos, sivukivi- ja rajamalmialue, malmikentän ja rikastamoalueen valumavedet, rikastamo, esirikastusalue, rikastushiekka-allas, pyriittiallas, selkeytysaltaat (2, 3 ja 4), vedenpuhdistamo sekä pintavalutuskentät 1 ja 6.



Kuva 2-1. Kaivoksen nykytilan vesikierto (kesän 2024 tilanne).

Kaivoksen eniten vettä käyttävätoiminto on rikastamo. Rikastamon prosesseissa käytettävä vesi otetaan pääosin (95 %) rikastushiekka-altaan läheisyydessä sijaitsevasta selkeytysaltaasta 2. Loppuosa rikastamon käyttämästä vedestä otetaan vedenpuhdistamolta ja Tipasjärven Olkilahdesta. Raakavedenkäyttö Olkilahdesta pyritään minimoimaan veden kierrätyksellä.

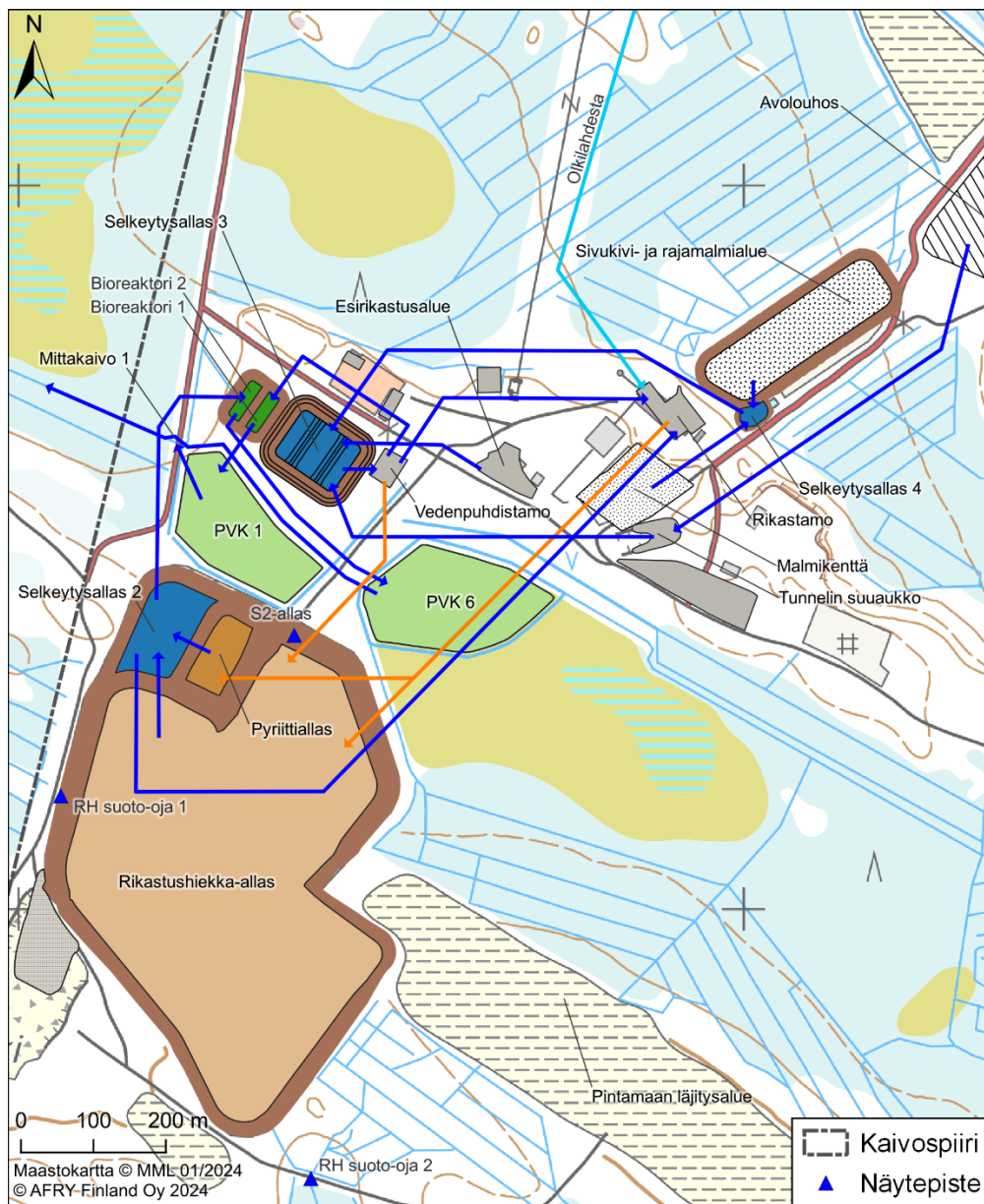
Avolouhokseen satava vesi suotautuu maanlaiseen kaivokseen. Avolouhoksen pohjalle ei jää havaittavasti vettä. Maanalaisen kaivoksen kuivanapitovedet pumpataan selkeytysaltaaseen 3, joka sijaitsee vedenpuhdistamon vieressä sen länsipuolella. Selkeytysaltaaseen 3 pumpataan myös esirikastusalueen valumavesiä sekä vettä selkeytysaltaasta 4. Pieni osa maanalaisen kaivoksen louhinnassa tarvittavaa poravettä ja muuta käyttövettä otetaan selkeytysaltaasta 3. Ja suurin osa selkeytysaltaan 3 vedestä johdetaan vedenpuhdistamolle käsittelyyn.

Kaivoksen vedenpuhdistamo on otettu käyttöön vuonna 2019. Vedenpuhdistamolla käsiteltävästä vedestä poistetaan kiintoainetta ja liuennetta metalleja. Vedenpuhdistamolta osa puhdistetusta vedestä johdetaan rikastamolle prosessivedeksi ja loput bioreaktorin 1 ja pintavalutuskentän 1 kautta kaivosalueen ulkopuolelle. Puhdistusprosessissa muodostuva liete pumpataan rikastushiekka-altaaseen.

Selkeytysaltaaseen 4 kerätään sivukivi- ja rajamalmialueelta suotovesiä ja sinne johdetaan myös valumavesiä malmikentältä ja rikastamon alueelta. Selkeytysallas 4 sijaitsee sivukivialueen kulmassa, rikastamon itäpuolella.

Rikastamolta prosessivesi poistuu pääasiassa rikastushiekan mukana rikastushiekka-altaaseen, sekä vähemmässä määrin pyriittialtaaseen ja rikasteiden mukana asiakkaalle.

Rikastushiekka-allasta täytetään spigotoimalla siten, että rikastushiekka leviää kerroksittain koko pohjan alueelle ja altaaseen muodostuu vapaa vesipinta jää altaan keskiosaan. Osa rikastushiekan mukana syötettävästä vedestä pidättyy rikastushiekkaan ja vapaata vettä poistetaan dekantointikaivolta ja juurisaloista pumpaamalla sitä selkeytysaltaaseen 2. Rikastushiekka-altaan ulkopuolella on lisäksi suotoveden keruuojat, jotka keräävät osan altaalta suotautuvasta vedestä, joka pumpataan takaisin rikastushiekka-altaaseen. Selkeytysaltaan S2 vesi kierrätetään pääosin takaisin prosessiin rikastamolle. Mikäli prosessivettä joudutaan patoturvallisuussyistä poistamaan, johdetaan poistettava vesi bioreaktori 2:lle ja sen jälkeen pintavalutuskentälle 6 ja sieltä edelleen ulos kaivosalueelta. Rikastushiekka-altaan tarkemmat tekniset tiedot ja toiminnan kuvaus on kuvattu kappaleessa Rikastushiekka-altaat ja selkeytysaltaat 4.3.



Kuva 2-2. Nykytilan vesikierto kartalla (sininen nuoli kuvaa vettä ja oranssi vedenpuhdistamon lietettä, rikastushiekkaa ja rikkirikastetta).

2.2 YVA:ssa tarkastellut hankevaihtoehdot

Tässä kappaleessa on esitetty YVA-selostuksessa esitettyjen hankevaihtoehtojen muutokset vesikiertoon ja muihin vesitaseen laskennan kannalta olennaisiin toimintoihin nykytilaan verrattuna. Vaihtoehdot on tarkemmin esitelty YVA-selostuksessa.

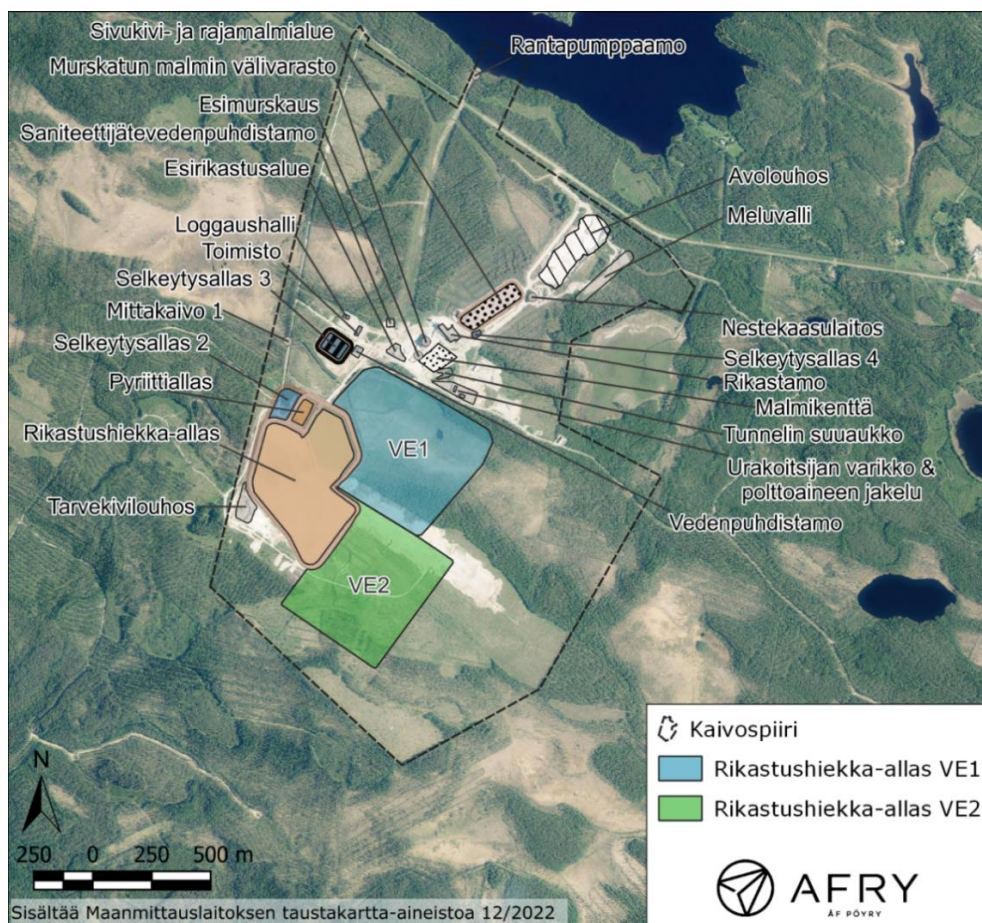
2.2.1 VE0

YVA:n hankevaihtoehto VE0 vastaa nykytilan mukaista tuotantotilannetta, jota jatketaan vuoteen 2025, ja se on mallinnettu vuosille 2024–2025. Nykyinen rikastushiekka-allas on korotettu selkeytysaltaan S2 kanssa samaan korkoon +227,5 mpy (N2000) ja sitä korotetaan vielä tasolle +234 mpy. Vaihtoehdossa VE0 kaivosalueen käsitellyt ylijäämävedet johdetaan Sapsojoen vesistöalueen Koivupuroon, joka toimii nykyisinkin vesien purkureittinä.

<u>Kaivostoimintojen pinta-alat</u>	<u>Pinta-ala (ha)</u>
Kaivosalue (kaivospiiri)	371,44
Nykyinen rikastushiekka-allas	20
Sivukivialue	2,5
Pyriittiallas	0,9

2.2.2 VE1 ja VE2

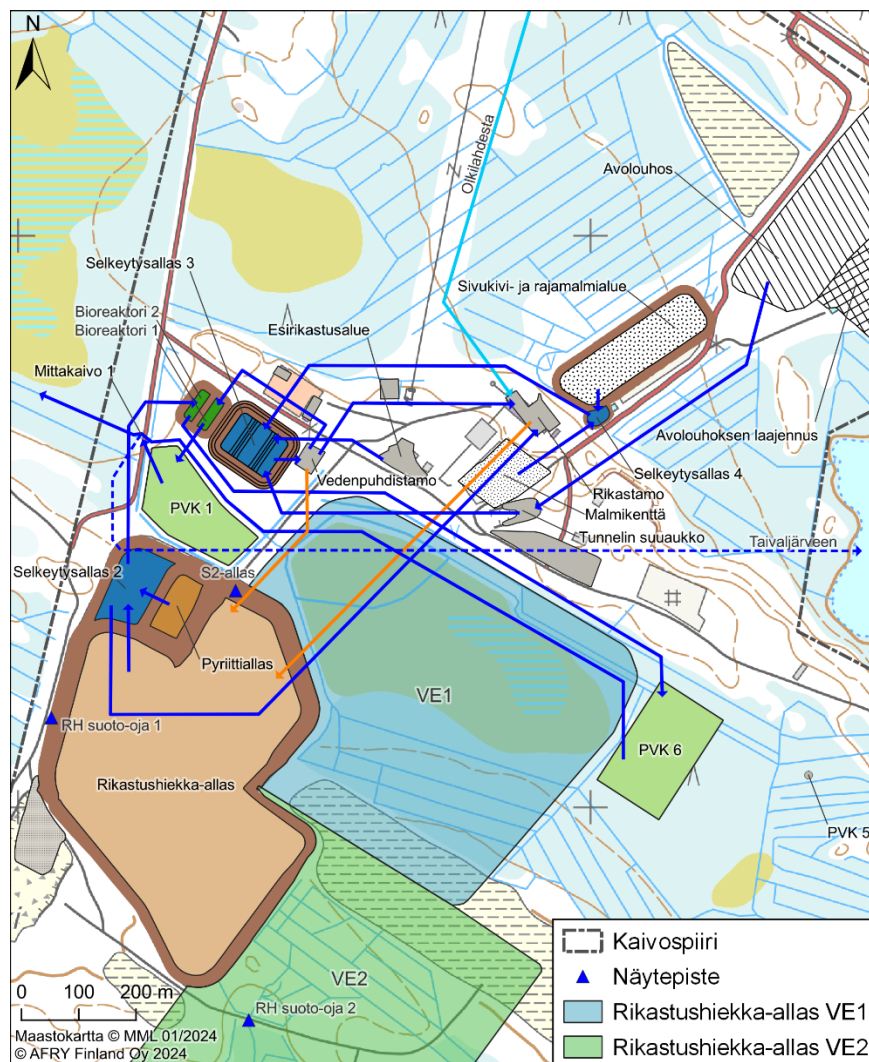
Rikastushiekka-altaan laajennuksen vaihtoehtojen sijainnit on esitetty alla karttakuvassa (Kuva 2-3).



Kuva 2-3. Rikastushiekka-altaan laajennuksen sijainti vaihtoehdoissa VE1 ja VE2.

Hankevaihtoehdot VE1 ja VE2 on mallinnettu aikavälille 2026–2035. Vaihtoehdossa 1 rikastushiekka-allasta korotetaan tasoon +234 m mpy ja sitä laajennetaan nykyisestä rikastushiekka-altaasta katsottuna koilliseen, nykyisen pintavalutuskenttä 6:n päälle. Vaihtoehdossa 2 rikastushiekka-allasta korotetaan tasoon +234 m mpy ja sitä laajennetaan nykyisestä rikastushiekka-altaasta katsottuna kaakkoon. Rikastushiekka-allas 1 suljetaan vuonna 2026 ja samaan aikaan otetaan käyttöön rikastushiekka-altaan laajennus (Kuva 2-4). Maanalainen kaivoksen louhintaa jatketaan n. 1000 metriin syvyyteen vuoteen 2035 mennessä. Vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 vedet johdetaan joko nykyisen luvan mukaisesti Koivupuroon tai vaihtoehtoisesti jaetusti Koivupuroon sekä Taivaljärven kautta Tipasjärven Olkilahteen.

Kaivostoimintojen pinta-alat	Pinta-ala (ha)
Kaivosalue	371,44
Nykyinen rikastushiekka-allas	20
Rikastushiekka-altaan laajennus	30
Avolouhos (maanoistoala)	4
Sivukivialue	2,5
Pyriittiallas	0,9



Kuva 2-4. Kaivoksen vesikierto kartalla hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2 (sininen nuoli kuvaa vettä ja oranssi vedenpuhdistamon lietettä, rikastushiekkaa ja rikkirikastetta).

3 Vesitasemallin kuvaus

3.1 Mallityyppi ja mallinnusohjelma

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

Excel-mallilla on mallinnettu YVA:n hankevaihtoehdot VE0, VE1 ja VE2 sekä keskimääräisellä sadannalla että kerran 100 vuodessa toistuvan sateisen vuoden sadannalla. Excel-malli on laadittu koko kaivoksen tuotantoajalle vuoteen 2035 asti. YVA:n hankevaihtoehdoille VE1 ja VE2 on myös tarkasteltu kahden eri louhostäyttövaihtoehdon vaikutukset.

Malliin on syötetty tiedot toimintojen pinta-aloista, prosessin vedenkulutuksesta ja rikastushiekkamääristä annetun tuotantosuunnitelman mukaan, kaivoksen kuivatus-vesimäärästä, sekä alueen sadanta-, haihdunta- ja valuntatiedot.

Laaditun mallin tarkoituksena on ensisijaisesti määrittää toimintojen YVA-vaihtoehtojen purkuvesimäärät ja kuormitukset. Lisäksi mallin avulla arvioidaan vesivarastotilavuuden riittävyyttä.

3.2 Mallinnuksen aika-askeleen valinta

Vesi- ja kuormatasemallin tarkoituksena on tuottaa arvioitavien hankevaihtoehtojen kuormitusarviot ympäristövaikutusten arviointia varten ja ymmärtää hankevaihtoehtojen eroavaisuudet toisiinsa nähden. Tässä vaiheessa on esitetty vuositason malli, joka on esitetty virtauskaaviona ja taulukkomuodossa kullekin hankevaihtoehdolle. Purkuvesimäärien ja ympäristökuormituksen suhteen on esitetty vuosiarviot keskimääräisen vuosisadannan tilanteelle sekä poikkeuksellisten ilmastotilanteiden mallinnustulokset.

Vuosikeskiarvot on laskettu eri hankevaihtoehdoille seuraavien vuosien perusteella:

- VE0: 2024–2025
- VE1: 2026–2035
- VE2: 2026–2035

4 Mallinnuksen lähtötiedot (Mallin syötteet)

4.1 Ilmastosyötteet ja skenaariot

Vesitaseessa käytettävien ilmastoparametrien määrittäminen on esitetty tarkemmin erillisessä raportissa "Vesitasemallin ilmastoparametrien määrittäminen, AFRY 2022", joka on tämän raportin liitteenä 1.

Kaivospiiri sijaitsee kolmannen jakovaiheen valuma-alueiden 59.874 Niemisenjoki ja 59.853 Tipasjärvi välisellä vedenjakajalla. Kaivosaluetta lähimmäksi sijoitetut Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemat sijaitsevat n. 20 km päässä Sotkamon Kuolaniemellä (asemakoodi 101756) ja Kuhmon Apajassa (asemakoodi 101771). Pitkän aikavälin tarkastelussa on huomioitu kaivokselta n. 40 km päässä sijaitsevat Nurmeksien Valtimon ja Mujejärven sääasemien tuottama data, koska näiltä asemilta on dataa saatavissa pidemmältä aikaväliltä (60-luvulta alkaen).

Ilmastoparametrien valinnassa on käytetty lähtötietoina Tipasjärven valuma-alueelle (3. jakovaihe 59.853) Suomen ympäristökeskuksen WSFS vesistömallijärjestelmällä mallinnettuja keskimääräistä vuosisadantaa, keskilämpötilaa, valumaa ja järvihaihduntaa (SYKE 2021). WSFS:n mallinnuksen antama sadanta oli suurempi kuin lähimpien havaintoasemien mitatut sadannat. WSFS:n mallintamien vuosisadannan, valuman ja haihdunnan perusteella on laskettu valumakerroin maalle ja haihduntakerroin järvelle.

Vesitasemallinnuksen keskimääräisen ilmaston mallinnuksessa on käytetty seuraavia ilmastoparametreja: vuosisadanta 734 mm, valumakerroin maa-alueilla 0,48 ja järvihaihdunta 50 % sadannasta allasalueille.

Vuosisadannalle on tehty Suomen ympäristökeskuksen Tipasjärven valuma-alueelle tekemän mallin pohjalta jakaumasovitus @Risk -ohjelmalla ja vuosisadannan on todettu noudattava Weibull-jakaumaa. Weibull-jakaumasta saadaan tarkasteltua vuosisadannan toistuvuudet.

Rankkasateesta aiheutuva mitoitussadanta määritettiin poimimalla Tipasjärven WSFS vesistömallinnuksen vuorokausitason lämpötila- ja vuorokausisadanta-aineistosta ne vuorokaudet, joiden vuorokausisadanta ylitti rankkasateen määrittämisen alarajan (20 mm/vrk), ja joiden lämpötila oli yli $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vastaavasti rankkasateiden toistuvuutta tarkasteltiin myös Nurmeksien Mujejärven osalta. Aineistoille määritettiin toistuvuudet Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä. Tehdyn toistuvuusanalyysin perusteella Nurmeksien Mujejärvellä 1/100 toistuvuustason rankkasade on 65 mm/vrk, ja se valittiin mitoitussadannaksi, koska se oli varovaisuusperiaatteen mukaisesti suurempi, kuin vesistömallinnuksen aineiston antama vastaava rankkasade.

Sateisten jaksojen tarkastelu tehtiin laskemalla 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden sadesummat Tipasjärven valuma-alueelle mallinnetusta aineistosta. Toistuvuuksien määrittämisessä käytettiin 80 suurinta sadesummaa. Aineiston toistuvuudet arvioitiin Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä.

Sateiset jaksot (kerran 1/100 vuodessa toistuva sadesumma):

- 3 vuorokauden sadesumma 77 mm
- 5 vuorokauden sadesumma 93 mm
- 7 vuorokauden sadesumma 114 mm
- 14 vuorokauden sadesumma 168 mm
- Vuosisadesumma (sateinen) 951 mm
- Vuosisadesumma (kuiva) 411 mm

Lisäksi on tarkasteltu saman aineiston pohjalta samalla menetelmällä kerran 1000 vuodessa sattuvan yhden vuorokauden rankkasadetta, jonka sadesumma on 81 mm.

Altaiden rankkasadereservinä on käytetty kerran sadassa vuodessa toistuvan 3 vuorokauden sadesummaa 77 mm ja kerran 1000 vuodessa toistuvan yhden vuorokauden sadesummaa 81 mm. Vesi- ja kuormatasemallissa on käytetty kerran sadassa vuodessa toistuvan sateisen vuoden sadesummaa 951 mm.

Vuodenaikaisvaihtelu on otettu huomioon sadannan, haihdunnan ja valunnan osalta tarkastelemalla Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 Suomen ympäristökeskuksen WSFS vesistömallijärjestelmällä mallinnettujen arvojen kuukausittaista jakautumista pitkällä aikavälillä, sadannalle vuosille 1962–2022 ja järvihaihdunnalle 1990–2019. Sadanta painottuu kesäkuukausille, samoin haihdunta. Valunta on suurinta keväällä huhti-toukokuussa.

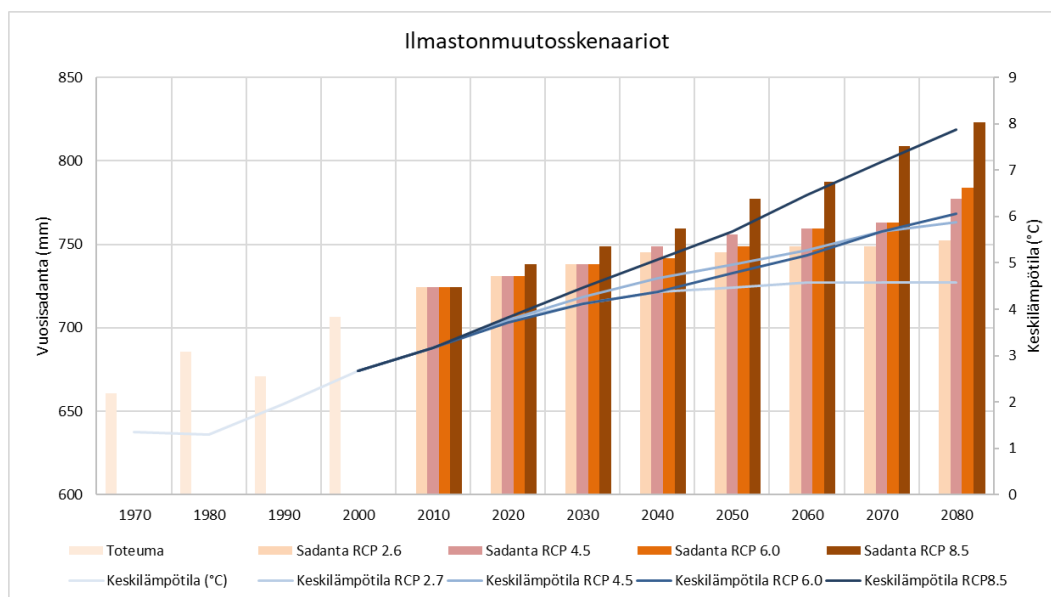
Taulukko 4-1. Sadannan, haihdunnan ja valunnan vuodenaikaisvaihtelu.

	Sadannan osuus kokonaissadannasta	Haihdunnan osuus kokonaishaihdunnasta	Valumakerroin koko vuoden sadannasta
Tammikuu	7,12 %	1 %	1,76 %
Helmikuu	5,71 %	1 %	1,12 %
Maaliskuu	4,99 %	1 %	2,81 %
Huhtikuu	4,53 %	1 %	18,62 %
Toukokuu	9,86 %	7 %	30,62 %
Kesäkuu	10,08 %	20 %	7,85 %
Heinäkuu	11,67 %	24 %	6,86 %
Elokuu	10,25 %	22 %	4,46 %
Syyskuu	9,43 %	12 %	4,72 %
Lokakuu	8,58 %	6 %	8,07 %
Marraskuu	8,99 %	2 %	7,56 %
Joulukuu	8,79 %	1 %	5,55 %

4.2 Ilmastonmuutos

Vesitaselaskennassa huomioon otettavat ilmastonmuutoksen vaikutukset on esitetty tarkemmin erillisessä raportissa "Vesitasemallin ilmastoparametrien määrittäminen, AFRY 2022", joka on tämän raportin liitteenä 1. Ilmastonmuutos kasvattaa Suomen sademääriä ja nostaa lämpötiloja, etenkin talvisin. Ilmastonmuutosta mallinnettaessa käytetään usein IPCC:n mallintamia kasvihuonekaasujen päästöskenaarioita.

Sademäärän ja lämpötilan keskimääräisille muutoksille Suomessa on tehty ilmastonmuutosmallinnus eri RCP skenaarioiden mukaan (Venäläinen et al. 2007). Tipasjärven Valuma-alueelle mallinnettua ilmastodataa on täydennetty eri RCP skenaarioiden mukaisilla ennusteilla alla olevassa kuvassa (Kuva 4-1). Ilmastonmuutosmallit sisältävät aluekohtaisesti suuria epätarkkuuksia ja tästä syystä ilmastonmuutoksen vaikutusarvio kaivosalueelle on suuntaa antava.



Kuva 4-1. Suomen ilmastolle mallinnetut keskimääräiset ilmastomuutoskkenaariot RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 ja RCP 8.5 WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 mallinnettuun dataan yhdistettynä.

Ilmastomuutoksen vaikutus kaivosalueen ilmastossa on jo nähtävillä erityisesti lämpötilan osalta. Sademäärän osalta vaikutukset eivät ole yhtä selvästi havaittavissa niiden luontaisen vaihtelun vuoksi. Tipasjärven valuma-alueen keskimääräinen vuosisadesumma on WSFS vesistömallinnusjärjestelmän mukaisesti 2010-luvulla ollut 773 mm/a. Sen sijaan ilmastomuutosmallinnuksen mukaisesti 2010-luvun sademäärä olisi 2000-luvun sademäärien pohjalta määritettynä ilmastomuutoksen vaikutuksesta Tipasjärven alueella ollut 724 mm/a. Näin ollen 2010-luvun sademäärän toteuma on ollut selvästi suurempaa, kuin ilmastomuutosmallin pohjalta määritettynä. 2010-luvun sademääriin verrattuna kaivoksen jäljellä olevan elinkaaren aikana ei keskimääräisiin vuosisademääriin ole odotettavissa selvää tason nousua.

Keskimääräinen lämpötila Tipasjärvellä oli 2010-luvulla WSFS-mallinnuksen mukaisesti 2,9 °C, kun taas ilmastomuutosmallinnuksen pohjalta laskettuna keskilämpötila olisi ollut 3,2 °C. Keskilämpötilan nousu alueen säähavaintoasemilla sekä WSFS mallinnusjärjestelmällä mallinnetuissa lämpötiloissa on ollut selvästi nähtävissä 1970-luvulta lähtien. Alueen keskilämpötilan odotetaan yhä nousevan, minkä vuoksi lumipeitteinen aika tulee jäämään keskimäärin lyhyemmäksi kuin 2010-luvulla. Ilmastomuutoksen keskimääräinen vaikutus ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi kaivoksen tuotantoajan toimintaan. Sään ääri-ilmiöihin ja erityisen sateisiin vuosiin on varauduttu mallintamalla 1/100 vuoden toistuvuudelle määritettyjen rankkasateiden sekä vuosisadantojen vaikutus kaivoksen vesitaseeseen.

4.3 Rikastushiekka-altaat ja selkeytysaltaat

Rikastusprosessissa syntyvä rikastushiekka läjitetään rikastushiekka-altaaseen (Kuva 3 11). Lisäksi rikastushiekkaa hyödynnetään rikastushiekka-altaan patojen korotuksissa ja maanalaisen kaivoksen täytöissä. Rikastushiekka-allas sijoittuu rikastamoalueen ja selkeytysaltaiden eteläpuolelle ja sen kokonaispinta-ala on noin 20 hehtaaria. Rikastushiekka-altaan reunapadon korkeus on +227,5 m mpy. Jotta tämänhetkessä toiminnassa muodostuva rikastushiekka voidaan läjittää nykyiseen rikastushiekka-altaaseen, tulee sitä korottaa tasoon +234 m mpy.

Rikastushiekka-altaan padot on rakennettu moreenista. Patomoreenin päälle märän puolen luiskaan on asennettu tiivisterakenne, joka on erillisen bentoniittimatton ja HDPE-kalvon yhdistelmä. Patorakenteet on rakennettu ulottumaan tiiviiseen pohjamoreeniin tai kallioon asti. Patoja on korotettu toiminnan jatkuessa ns. ylävirtaan eli siten, että padon harja siirtyy jokaisessa korotuksessa sisäänpäin altaaseen. Rikastushiekka-altaan lopullisiksi jäävät reunapadot muotoillaan ulkoluiskaltaan keskimäärin kaltevuuteen 1:3 tai loivemmiksi. Patojen kuivalle puolelle on rakennettu suotovesiojat, jotka on suojattu eroosion estämiseksi kalliomurskeella.

Rikastushiekka-altaan pohjarakenne koostuu luontaisesta tai rakennetusta turvekerroksesta. Lupamääräyksen mukaan tiivistyneen turvekerroksen paksuus on oltava vähintään 0,4 metriä ja tiivistyneen turpeen laskennallinen vedenläpäisevyys enintään 5×10^{-10} m/s. Rikastushiekka-altaan pohja-, pato- ja peittorakenteet on kuvattu tarkemmin kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa (YVA-selostuksen Liite 5) sekä sulkemissuunnitelmassa (YVA-selostuksen Liite 6).

Rikastushiekka läjitetään altaalle niin kutsutulla spigotointimenetelmällä, jossa karkeampi ja raskaampi rikastushiekka saadaan laskeutumaan rikastushiekka-altaan reunaosiin.

Vesitasemallinnuksessa on käytetty nykyisen rikastushiekka-altaan suotautuvana vesimääränä (hankevaihtoehdolle VE0) 2024 alkaen 14 m³/h ja altaan sulkemisen jälkeen 7 m³/h. Hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2 rikastushiekka-altaan laajennuksen suotovesimääränä on käytetty 10 m³/h.

Mallissa on käytetty altain täyttötilavuuksien ja vesipintojen tarkasteluun alla olevien taulukkojen mukaisia korko- ja tilavuustietoja (Taulukko 4-2 ja Taulukko 4-3).

Taulukko 4-2. Mallissa käytetyt altain korkotiedot.

N2000	Selkeytys- allas 2	Selkeytys- allas 3	Rikastus- hiekka-allas	Rikastus-hiekka- altaan laajennus VE1	Rikastus-hiekka- altaan laajennus VE2
Padon harja	217,9	212,8	234,0	234,0	236,0
Hätä-HW	217,4	211,4	233,5	233,5	235,5
HW-taso	216,9	211,3	233,0	233,0	235,0
Pohjan alin korko	212,0	209,5	209,5	211,5	212,5

Taulukko 4-3. Mallissa käytetyt altain tilavuustiedot.

	Selkeytys- allas 2	Selkeytys- allas 3	Rikastus- hiekka-allas	Rikastushiekka- altaan laajennus VE1	Rikastus-hiekka- altaan laajennus VE2
Pinta-ala häätä-HW [m ²]	10 199	7 909	88 000	221 500	207 500
Pinta-ala HW [m ²]	9 863	7 738	86 500	220 000	206 000
Tilavuus häätä-HW [m ³]	30 998	11 891	2 919 000	5 575 000	5 570 000
Tilavuus HW [m ³]	25 942	11 109	2 875 000	5 465 000	5 467 000

4.4 Tuotantoprosessiin liittyvät lähtötiedot

Mallinnuksessa käytetyt kaivoksen tuotantomäärät eli rikastamon syötemäärät on listattu vuosittain alla olevassa taulukossa (Taulukko 4-4).

Taulukko 4-4. Vesitasemallissa käytetyt rikastamon syötemäärät.

Tuotantoennuste	t/a
2022	636 000
2023	600 000
2024	600 000
2025	600 000
2026	800 000
2027	800 000
2028	800 000
2029	800 000
2030	800 000
2031	800 000
2032	800 000
2033	800 000
2034	800 000
2035	800 000

Kaivoksen kuivatusveden määrä on nykytilassa keskimäärin 53 m³/h ja tätä arvoa on käytetty mallissa hankevaihtoehdolle VE0. Hankevaihtoehdoille VE1 ja VE2 on käytetty geokemian mallista ja pohjavesimallista (AFRY Finland Oy 2024a ja AFRY Finland Oy 2024b) saatua arvoa 62 m³/h.

Vedenpuhdistamolta rikastamolle lähtevän prosessiveden (tiivisteveden) määränä on käytetty mallissa 17 m³/h. Puhdistamolta rikastushiekka-altaille lähtevän vedenpuhdistusprosessissa syntyvän lietteen mukana kulkeutuvan veden määränä on käytetty mallissa 1,5 m³/h.

Rikastamon tuotantoprosessien osalta mallissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Syntyvän rikastushiekan määrä on 97 % rikastamon malmisyötteestä (Taulukko 4-4)
- Läjitetyn rikastushiekan kosteuspitoisuus on 20 %
- Läjitetyn pyriitin kosteuspitoisuus on 8,5 %

Rikastamolta rikastushiekka-altaille rikastushiekan mukana tulevan veden määrä on arvioitu suhteuttamalla vuoden 2022 keskimääräinen toteutunut vesimäärä (170 m³/h) kasvavaan tuotantomäärään. Rikastushiekka-altaiden inventaariomuutosta laskettaessa on oletettu, että puolet rikastushiekasta käytetään patokorotuksiin tai louhostäyttöön vuodesta 2024 alkaen.

Rikastamon prosesseissa käytettävä vesi otetaan pääosin (90 %) rikastushiekka-altaan läheisyydessä sijaitsevasta selkeytysaltaasta 2. Loppuosa rikastamon käyttämästä vedestä otetaan vedenpuhdistamolta ja Tipasjärven Olkilahdesta. Raakavedenkäyttö Olkilahdesta pyritään minimoimaan maksimoimalla prosessiveden kierrättäminen selkeytysaltaasta 2. Vesitasemallissa rikastamon selkeytysaltaalta 2 ottama prosessivesi on suhteutettu rikastamolta rikastushiekan mukana tulevan veden määrään ja se on 90 % tästä määrästä.

4.5 Hydrogeologiset tiedot

Ympäristövaikutusten arviointia varten kaivosalueelle laadittiin myös geokemian malli (AFRY Finland Oy 2024a), jonka tuloksia on käytetty vesi- ja kuormatasemallin syötteenä (Taulukko 4-5, Taulukko 4-7 ja Taulukko 4-6).

Taulukko 4-5. Geokemian mallin suoto-, dekantti- ja kuivatusvesimäärät hankevaihtoehdolle VE0.

	Suotovesi yhteensä m ³ /a	Dekanttivesi S2-altaalle (m ³ /a)
Sivukivialue	7 775	
Rikastushiekka-allas, suotovesi	122 600	
Rikastushiekka-allas, dekantti		1 147 560
Pyriittiallas, suotovesi	5 757	

Taulukko 4-6. Geokemian mallin suotovesimäärä suljetulle nykyiselle rikastushiekka-altaalle.

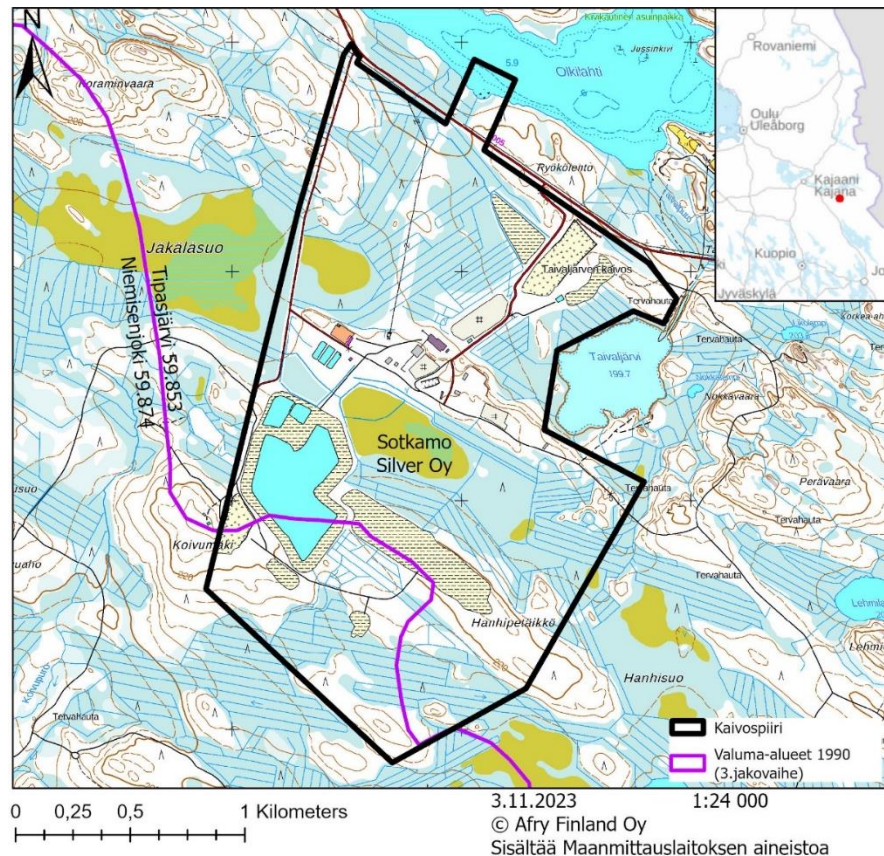
	Suotovesi yhteensä m ³ /a
Nykyinen rikastushiekka-allas, sulkemisen alussa	59 400

Taulukko 4-7. Geokemian mallin suoto-, dekantti- ja kuivatusvesimäärät hankevaihtoehdoille VE1 ja VE2.

	Suotovesi yhteensä m ³ /a	Dekanttivesi S2-altaalle (m ³ /a)	Kuivatusvesi m ³ /a
Sivukivialue	7 775		
Rikastushiekka-altaan laajennus, suotovesi	88 162		
Rikastushiekka-altaan laajennus, dekantti		1 690 178	
Pyriittiallas, suotovesi	5 757		
Louhosten kuivatusvesi, sivukivitäyttö			547 308
Louhosten kuivatusvesi, sivukivi + rikastushiekka -täyttö			547 308

4.6 Valuma-alueet

Sotkamo Silverin hopeakaivos sijaitsee kolmannen jakovaiheen valuma-alueiden 59.874 Niemisenjoki ja 59.853 Tipasjärvi välisellä vedenjakajalla (Kuva 4-2).



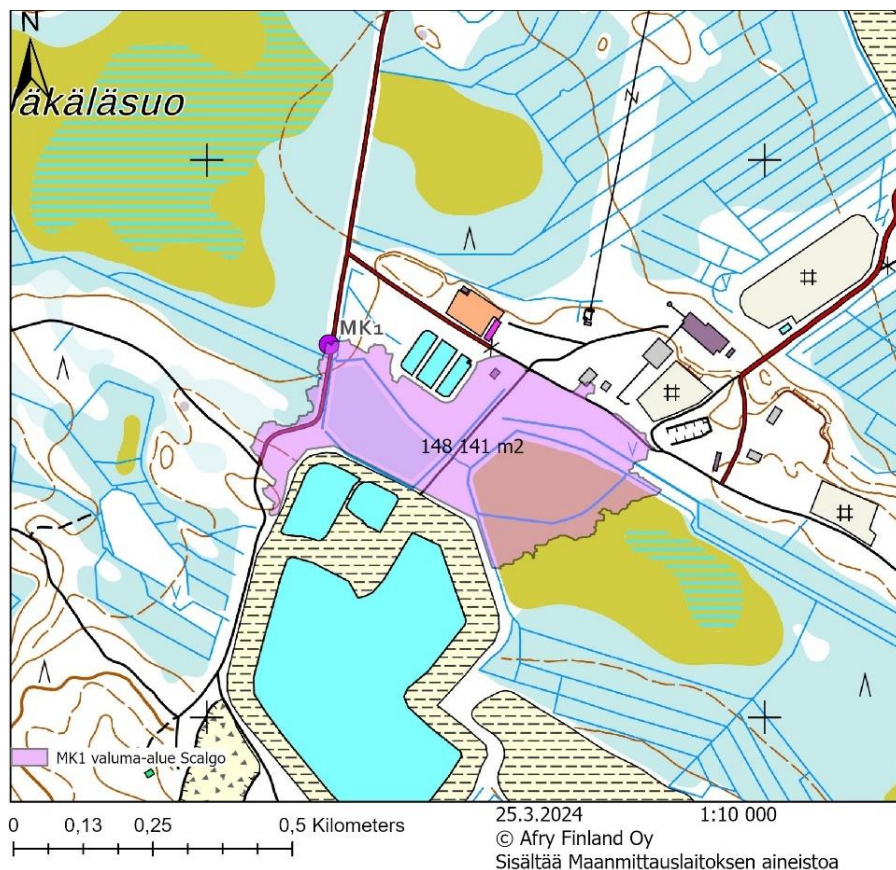
Kuva 4-2. Sotkamo Silverin kaivospiirin sijainti valuma-alueiden 59.874 Niemisenjoki ja 59.853 Tipasjärvi välisellä vedenjakajalla.

Vesitasemallissa on käytetty seuraavia osavaluma-alueita kaivosalueen eri osa-alueille (Taulukko 4-8).

Taulukko 4-8. Mallissa käytettyjen valuma-alueiden pinta-alat.

Pinta-alat	VE0 m2	VE1 m2	VE1 m2
Rikastushiekka-allas	200 000	200 000	200 000
Rikastushiekka-allas 2		300 000	300 000
Sivukivialue	30 000	30 000	30 000
Marginaalimalmin varasto	10 000	10 000	10 000
PVK1	27 300	27 300	27 300
PVK6	31 800	31 800	31 800
Louhoksen alue	50 000	50 000	50 000
S2	11 000	11 000	11 000
S3	10 000	10 000	10 000
S4	251	251	251
Tehtaan valuma-alue	10 000	10 000	10 000
Pyriittiallas	10 000	10 000	10 000

Mittakaivoille 1 ja 2 mallinnettiin Scalgo live-ohjelmalla niiden valuma-alueet. Mittakaivon 2 valuma-aluetta ei kuitenkaan käytetä mallissa. Mittakaivo 1 kautta kulkevat nykyiset kaivoksen purkuvedet ja valuma-alueen mallinnuksella tarkennettiin sinne tulevien mahdollisten luonnonvesien määrää (Kuva 4-3). Mallissa on käytetty alla olevassa taulukossa esitettyjä mittakaivo 1:n valuma-alueiden pinta-aloja (Taulukko 4-9).



Kuva 4-3. Scalgo livellä mallinnettu valuma-alue mittakaivolle 1. Perustuu Maanmittaus-laitoksen korkeusmalliin 2 m.

Taulukko 4-9. Mittakaivon 1 valumavesien arvioinnissa käytetyt valuma-alueet.

MK1:n mallinnettu koko valuma-alue	148 141	m ²
(Pinta-valutuskentät poistettuna)	89 041	m ²
VE0	89 041	m ²
VE1	44 521	m ²
VE2	89 041	m ²

4.7 Vedenlaatutiedot

Kuormatasemallissa syötteinä toimivat pääasiassa geokemian mallin (AFRY Finland Oy 2024a) antamat vesijakeiden pitoisuudet. Käyttö- ja velvoitetarkkailun tuloksia (Sotkamo Silver 2024) on käytetty mallissa laskennallisten pitoisuuksien vertaamiseen toteutuneisiin pitoisuuksiin, eli mallin hyvyyden tarkasteluun ja mallin kalibrointiin. Keskeiset geokemian mallin tulokset, joita kuormatasemallissa on käytetty, on esitetty alla taulukoissa (Taulukko 4-10...Taulukko 4-12).

Taulukko 4-10. Kuormatasemallissa käytetyt geokemian mallin vesijakeiden pitoisuudet hankevaihtoehdolle VE0.

VE0, toiminnanaikainen						
		Sivukivialue	Rikastushiekka- allas, suotovesi	Rikastushiekka- allas, dekantti	Pyriittiallas, suotovesi	Maanalainen louhos, kuivatusvesi
Al	mg/l	1,776	0,991	0,350	11,566	0,506
As	mg/l	0,004	0,094	0,026	0,049	0,005
Ca	mg/l	29,856	407,476	306,850	257,395	55,446
Cd	mg/l	0,093	0,002	0,001	3,095	0,026
Cl	mg/l	0,868	67,456	64,897	31,867	10,413
Cu	mg/l	0,288	0,000	0,000	6,317	0,003
Fe	mg/l	6,788	0,487	0,465	768,831	0,706
Hg	mg/l	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000002	0,000288
K	mg/l	21,660	162,860	111,106	59,101	16,044
Mg	mg/l	4,843	18,631	6,364	39,022	14,602
Mn	mg/l	0,373	0,973	0,538	32,943	2,535
N, kok.	mg/l	11,548	40,827	40,192	19,827	37,938
Na	mg/l	2,266	50,105	47,001	23,162	14,937
Ni	mg/l	0,197	0,009	0,007	1,365	0,028
P, kok.	mg/l	0,212	0,885	0,602	0,003	0,019
Pb	mg/l	7,371	0,003	0,001	0,087	0,010
Sb	mg/l	0,006	0,920	0,287	0,104	0,083
SO4	mg/l	206,415	956,249	769,274	2945,224	245,635
Zn	mg/l	15,628	0,313	0,284	507,534	3,418

Taulukko 4-11. Kuormatasemallissa käytetyt geokemian mallin vesijakeiden pitoisuudet hankevaihtoehtoille VE1 ja VE2.

VE1/VE2, toiminnanaikainen							
		Sivukivi- alue	Rikastus- hiekk- altaan laajennus, suotovesi	Rikastus- hiekk- altaan laajennus, dekanteri	Pyriitti- allas, suotovesi	Louhosten kuivatusvesi, sivukivitäyttö	Louhosten kuivatusvesi, sivukivi + rikastushiekka- täyttö
Al	mg/l	1,776	1,777	0,348	11,566	0,59	0,528
As	mg/l	0,004	0,181	0,026	0,049	0,0043	0,0002
Ca	mg/l	29,856	534,659	309,070	257,395	98,49	90,442
Cd	mg/l	0,093	0,002	0,001	3,095	0,03	0,023
Cl	mg/l	0,868	71,547	65,526	31,867	2,75	5,352
Cu	mg/l	0,288	0,001	0,000	6,317	0,03	0,012
Fe	mg/l	6,788	0,520	0,469	768,831	1,53	0,914
Hg	mg/l	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000002	0,00	0,000
K	mg/l	21,660	227,571	111,779	59,101	17,73	17,563
Mg	mg/l	4,843	33,671	6,323	39,022	11,53	10,443
Mn	mg/l	0,373	1,511	0,540	32,943	3,24	2,282
N, kok.	mg/l	11,548	42,204	40,590	19,827	37,057	32,550
Na	mg/l	2,266	54,591	47,446	23,162	9,49	8,134
Ni	mg/l	0,197	0,011	0,007	1,365	0,05	0,031
P, kok.	mg/l	0,212	1,236	0,606	0,003	0,05	0,046
Pb	mg/l	7,371	0,007	0,001	0,087	0,79	0,401
Sb	mg/l	0,006	1,695	0,284	0,104	0,11	0,133
SO ₄	mg/l	206,415	1195,555	775,396	2945,224	282,26	203,806
Zn	mg/l	15,628	0,352	0,287	507,534	4,74	3,040

Taulukko 4-12. Kuormatasemallissa käytetyt geokemian mallin vesijakeiden pitoisuudet nykyiselle rikastushiekka-altaalle hankevaihtoehtoissa VE1 ja VE2.

Sulkemisen jälkeen					
Nykyinen rikastushiekka-allas, suotovesi, sulkemisen alussa					
Al	mg/l	3,311	Mg	mg/l	43,217
As	mg/l	0,311	Mn	mg/l	2,208
Ca	mg/l	665,741	N, kok.	mg/l	40,210
Cd	mg/l	0,004	Na	mg/l	51,408
Cl	mg/l	69,508	Ni	mg/l	0,012
Cu	mg/l	0,002	P, kok.	mg/l	1,065
Fe	mg/l	0,561	Pb	mg/l	0,020
Hg	mg/l	0,000000	Sb	mg/l	1,904
K	mg/l	261,983	SO ₄	mg/l	1255,075
Mg	mg/l	43,217	Zn	mg/l	0,359

Kuormataseessa vedenpuhdistamon ja pintavalutuskenttien poistotehoina on käytetty sisäisten vesien velvoitetarkkailun vuosien 2017–2023 analyysitietojen (Sotkamo Silver 2024) mukaan laskettuja poistotehoja, jotka on esitetty taulukossa alla (Taulukko 4-13). Jos laskennallinen poistoteho on ollut negatiivinen, mallinnuksessa on käytetty poistotehoa 0 %. Pintavalutuskentille 1 ja 6 on käytetty samaa poistotehoa kummallekin. Bioreaktorien ja muiden typenhallintatoimenpiteiden typpipäästöä pienentävä vaikutus on arvioitu reaktoreiden mitoitustietoon ja muiden toimenpiteiden kuten räjähdysaineen ja vesienhallinnan toimenpiteiden arvioituun vaikutukseen perustuen.

Taulukko 4-13. Mallissa vedenpuhdistamolle käytettävät poistotehot. Tyhjä kohta tarkoittaa 0 %.

Aine	Mallissa käytetty vedenpuhdistamon poistoteho [%]	Mallissa käytetty pintavalutuskenttien poistoteho [%]	Mallissa käytetty bioreaktorien ja muiden typenhallintatoimenpiteiden typpipäästön vähentäminen [%]
Al	45 %		
As	30 %		
Ca	5,5 %		
Cd	93 %	33 %	
Cl			
Cu	16 %		
Fe	38 %		
Hg	17 %		
K	2,5 %		
Mg	2,5 %		
Mn	15 %	83 %	
N, kok.		10 %	50 %
Na			
Ni	50 %		
P, kok.	34 %		
Pb	93 %		
Sb	2,5 %	31 %	
SO ₄			
Zn	98 %		

4.8 Luparajat

Nykyisessä ympäristöluvassa (Dnro PSAVI/5663/2018) annetut raja-arvot Mittakaivolta 1 Koivupuroon lähtevälle vedelle on esitetty taulukossa (Taulukko 4-14) alla.

Taulukko 4-14. Mittakaivolta 1 purettavalle vedelle asetetut luparajat.

Haitta-aine	Raja-arvo	Yksikkö	Luparaja
pH	6–9,5	-	Jatkuva/yksittäinen näyte
Kokonaisfosfori	40	kg	kokonaiskuormitus vuodessa
Kokonaistyyppi	7000	kg	kokonaiskuormitus vuodessa

Nykyisessä ympäristöluvassa (Dnro PSAVI/5663/2018) annetut raja-arvot pintavalutuskentille johdettavalle vedenlaadulle on esitetty taulukossa (Taulukko 4-15) alla.

Taulukko 4-15. Pintavalutusventille johdettavalle vedelle asetetut luparajat.

Aine	Raja-arvo	Yksikkö	Raja-arvon tyyppi
Arseeni	0,1	mg/l	Keskiarvo
	0,3	mg/l	Korkein yksittäinen näyte
Lyijy	0,05	mg/l	Keskiarvo
	0,3	mg/l	Korkein yksittäinen näyte
Sinkki	0,2	mg/l	Keskiarvo
	0,5	mg/l	Korkein yksittäinen näyte
Antimoni	0,2	mg/l	Keskiarvo
	0,5	mg/l	Korkein yksittäinen näyte
Alumiini	0,5	mg/l	Keskiarvo
Sulfaatti	1 000	mg/l	Keskiarvo
Elohopea, liukoinen	0,005	mg/l	Keskiarvo
Kadmium, liukoinen	0,01	mg/l	Keskiarvo
Kiintoaineen hehkutusjäännös	10	mg/l	Virtaamapainotteinen neljännesvuosikeskiarvo

5 Vesitasetulokset

5.1 Purkuvesimäärät

Purkuvesien vuosikeskiarvoiset määrät on esitetty taulukoissa alla eri hankevaihtoehtoille keskimääräisellä sadannalla (Taulukko 5-1) ja kerran sadassa vuodessa toistuvalla runsaalla sadannalla (Taulukko 5-2).

Taulukko 5-1. Purkuvesimäärät keskimääräisellä sadannalla.

YVA vaihtoehto	Louhostäyttövaihtoehto	Purkuvesimäärä (m ³ /vuosi)
VE0		466 142
VE1	SK	625 868
VE1	SK+RH	625 868
VE2	SK	641 554
VE2	SK+RH	641 554

SK = sivukivi, RH = rikastushiekka

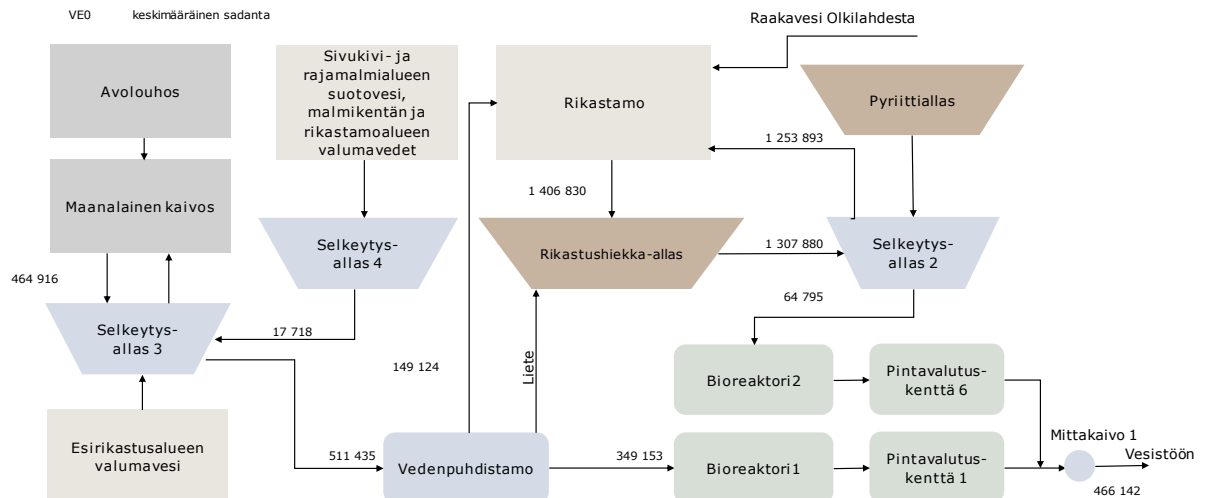
Taulukko 5-2. Purkuvesimäärät kerran sadassa vuodessa sattuvan sateisen vuoden sadannalla.

YVA vaihtoehto	Louhostäyttö-vaihtoehto	Purkuvesimäärä (m ³ /vuosi)
VE0		540 748
VE1	SK	718 812
VE1	SK+RH	718 812
VE2	SK	739 134
VE2	SK+RH	739 134

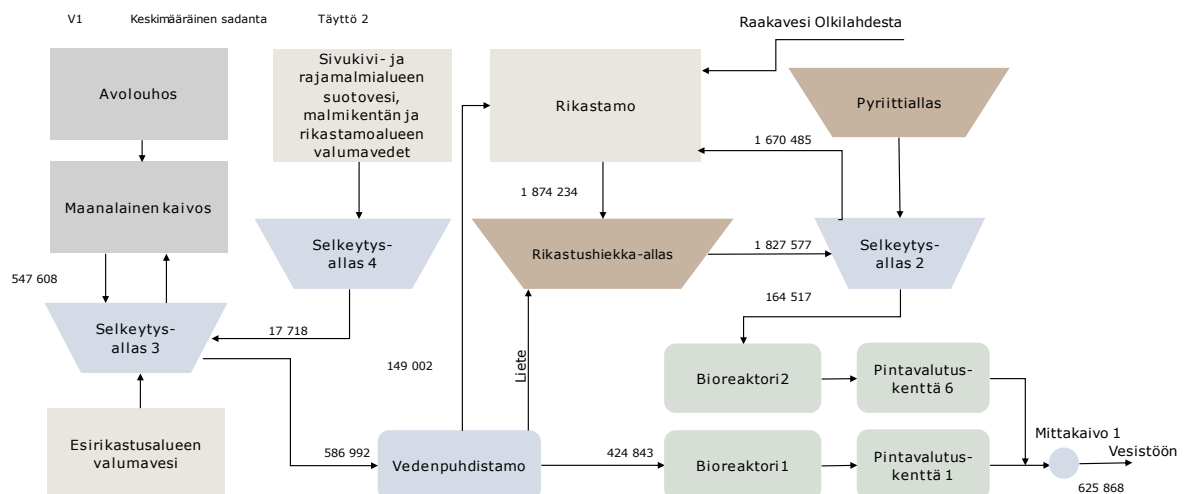
SK = sivukivi, RH = rikastushiekka

5.2 Vesijakeet

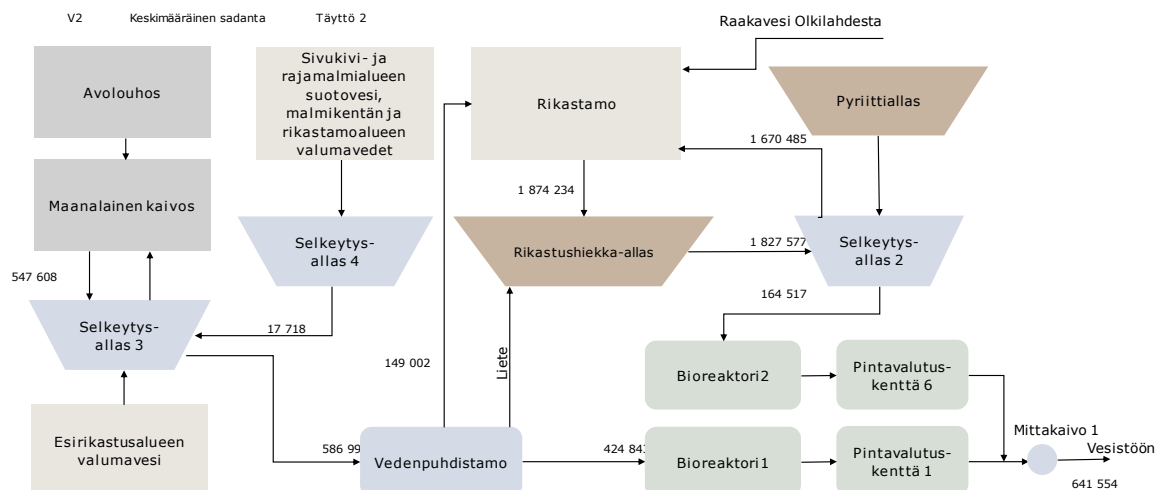
Hankevaihtoehtojen VE0, VE1 ja VE2 vesijakeet on esitetty vesikiertokaaviossa alla olevissa kuvissa (Kuva 5-1, Kuva 5-2 ja Kuva 5-3) keskimääräisellä sadannalla ja VE1 ja VE2 osalta louhostäyttövaihtoehtolla, jossa käytetään rikastushiekkaa ja sivukiveä. Kaikkien tarkasteltujen vaihtoehtojen vesikiertokuvaajat löytyvät tämän raportin liitteestä 2.



Kuva 5-1. VEO vesikiertokaavio keskimääräisellä sadannalla.



Kuva 5-2. VE1 vesikiertokaavio keskimääräisellä sadannalla ja rikastushiekka ja sivukivilouhostäytöllä.



Kuva 5-3. VE2 vesikiertokaavio keskimääräisellä sadannalla ja rikastushiekka ja sivukivilouhostäytöllä.

6 Kuormitustulokset

Eri hankevaihtoehtojen kuormataseen antamat laskennalliset purkuveden kuormitukset ainekohtaisesti on esitetty alla taulukoissa (Taulukko 6-1 ja Taulukko 6-2) keskimääräisellä vuosisadannalla ja kerran sadassa vuodessa sattuvan sateisen vuoden sadannalla. Tulokset on esitetty vuosikeskiarvoina.

Taulukko 6-1. Kuormitustulokset eri hankevaihtoehtojen keskimääräisellä sadannalla.

YVA hankevaihtoehto	V0	V1	V1	V2	V2
Louhostäyttövaihtoehto					
SK = sivukivi,		SK	SK+RH	SK	SK+RH
RH = rikastushiekka					
N kg/a	6 877	9 845	9 042	9 845	9 042
P kg/a	43,5	112	112	112	112
Sulfaatti kg/a	133 032	245 199	214 140	245 199	214 140
Al kg/a	124	202	188	202	188
As kg/a	3	6	4	6	4
Cd kg/a	0,9	1,4	1,3	1,4	1,3
Cl kg/a	7 482	11 838	12 867	11 838	12 867
Cu kg/a	3	13	8	13	8
Fe kg/a	344	728	576	728	576
Hg kg/a	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn kg/a	136	218	161	218	161
Ni kg/a	6	13	9	13	9
Pb kg/a	2	24	13	24	13
Sb kg/a	31	63	68	63	68
Zn kg/a	154	263	250	263	250
Ca kg/a	38 734	90 018	87 008	90 018	87 008
Na kg/a	8 004	11 799	11 261	11 799	11 261
K kg/a	12 678	25 763	25 699	25 763	25 699
Mg kg/a	5 110	5 697	5 280	5 697	5 280

Taulukko 6-2. Kuormitustulokset eri hankevaihtoehtoille kerran sadassa vuodessa sattuvan sateisen vuoden sadannalla.

YVA hankevaihtoehto	V0	V1	V1	V2	V2
Louhostäyttövaihtoehto SK = sivukivi, RH = rikastushiekka		SK	SK+RH	SK	SK+RH
N (kg/a)	7 840	11 231	10 422	11 231	10 422
P (kg/a)	70,4	154	154	154	154
Sulfaatti kg/a	170 072	302 059	270 769	302 059	270 769
Al kg/a	147	234	220	234	220
As kg/a	4	7	6	7	6
Cd kg/a	1,5	2,2	2,0	2,2	2,0
Cl kg/a	10 376	16 365	17 402	16 365	17 402
Cu kg/a	5	15	10	15	10
Fe kg/a	565	1 027	875	1 027	875
Hg kg/a	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn kg/a	145	231	174	231	174
Ni kg/a	7	14	11	14	11
Pb kg/a	2	24	14	24	14
Sb kg/a	40	77	82	77	82
Zn kg/a	297	457	444	457	444
Ca kg/a	53 203	112 404	109 372	112 404	109 372
Na kg/a	10 205	15 180	14 638	15 180	14 638
K kg/a	17 805	33 706	33 642	33 706	33 642
Mg kg/a	5 511	6 241	5 820	6 241	5 820

7 Altaiden mitoituksen tarkastelu

Tässä kappaleessa on tarkasteltu altaiden rankkasadereserviä kahdella eri rankkasateella: kerran sadassa vuodessa toistuvalla 3 vuorokauden rankkasateella (71 mm) ja kerran 1000 vuodessa toistuvalla 1 vuorokauden rankkasateella (81 mm). Tarkastelun tarkoituksena on selvittää, mahtuuko altaisiin rankkasateesta johtuva lisävesimäärä ilman, että altaan hätä-HW-taso ylittyy. Altaiden mitoituksen tarkastelussa on oletettu, että altaiden vedenpinnankorkeus olisi valmiiksi HW-tasolla. Altaiden HW-tason ja hätä-HW-tason välinen rankkasadereservi sekä allaskohtaiset rankkasadeskenarioiden vesimäärät on esitetty taulukossa alla (Taulukko 7-1).

Taulukko 7-1. Allaskohtaiset rankkasadereservit (HW-tasosta hätä-HW-tasoon) ja rankkasadeskenarioiden vesimäärät.

	Selkeytys- allas 2	Selkeytys- allas 3	Rikastus- hiekk-allas	Rikastushiekka- altaan laajennus VE1	Rikastus- hiekk-altaan laajennus VE2
Rankkasadereservi (HW-tasosta hätä- HW-tasoon) [m ³]	5 056	782	44 000	110 000	103 000
Rankkasade 1 vrk 1/1000 vuodessa [m ³]	891	810	16 200	24 300	24 300
Rankkasade 3 vrk 1/100 vuodessa [m ³]	847	770	15 400	23 100	23 100

Nykyisen rikastushiekka-altaan, kummankin rikastushiekka-altaan laajennusvaihtoehdon ja selkeytysaltaan 2 rankkasadereservit riittävät hyvin kummallekin eri rankkasadeskenariolle, mutta selkeytysaltaan 3 hätä-HW-taso ylittyy 28 m³ kerran tuhannessa vuodessa sattuvan yhden vuorokauden rankkasateella.

8 Herkkyystarkastelu

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 kuivatusvesimääräarvioille sekä rikastushiekan ominaisuuksille. Herkkyysanalyysissa on tutkittu sadannan ja kaivoksen kuivatusvesimäärän vaikutusta purkuvesimäärään.

Kuormatasemallin tuloksena saatu kuormitus riippuu suoraan siihen syötetyistä pitoisuuksista, eli tässä tapauksessa geokemian mallista (AFRY Finland Oy 2024a) saaduista pitoisuuksista. Kuormatasemallissa on otettu huomioon myös vedenpuhdistamon, bioreaktorin ja pintavalutuskenttien poistotehot. Herkkyysanalyysissa on tutkittu kuormataseen osalta vedenpuhdistamon tehon, sadannan ja kaivoksen kuivatusveden määrän vaikutusta sinkkikuormitukseen.

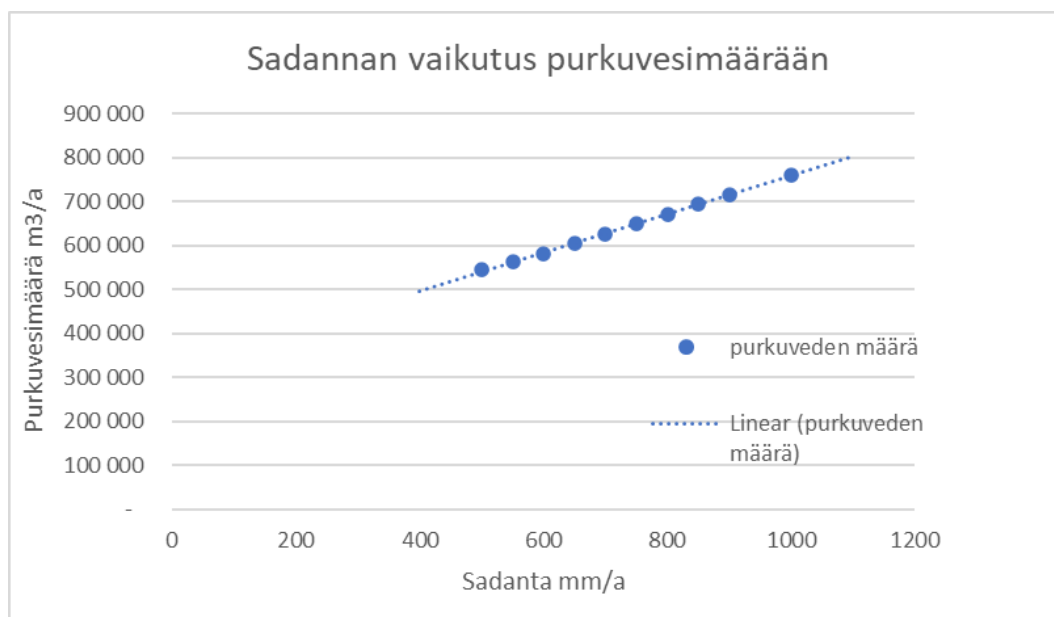
Herkkyystarkastelu toteutettiin syöttämällä vesi- ja kuormatasemalliin eri muuttujien arvoja. Herkkyystarkastelussa tutkitut muuttujat ja niiden arvot kymmenellä testikierroksella on esitetty taulukossa alla (Taulukko 8-1).

Taulukko 8-1. Herkkyystarkastelussa tutkitut muuttujat

Kierros	Sadanta mm/a	Kuivatusveden määrä m ³ /a	Sinkinpoistoteho %
1	500	400 000	70
2	550	420 000	75
3	600	480 000	80
4	650	500 000	85
5	700	547 308	90
6	750	580 000	92
7	800	600 000	95
8	850	620 000	97
9	900	680 000	98
10	1000	700 000	99

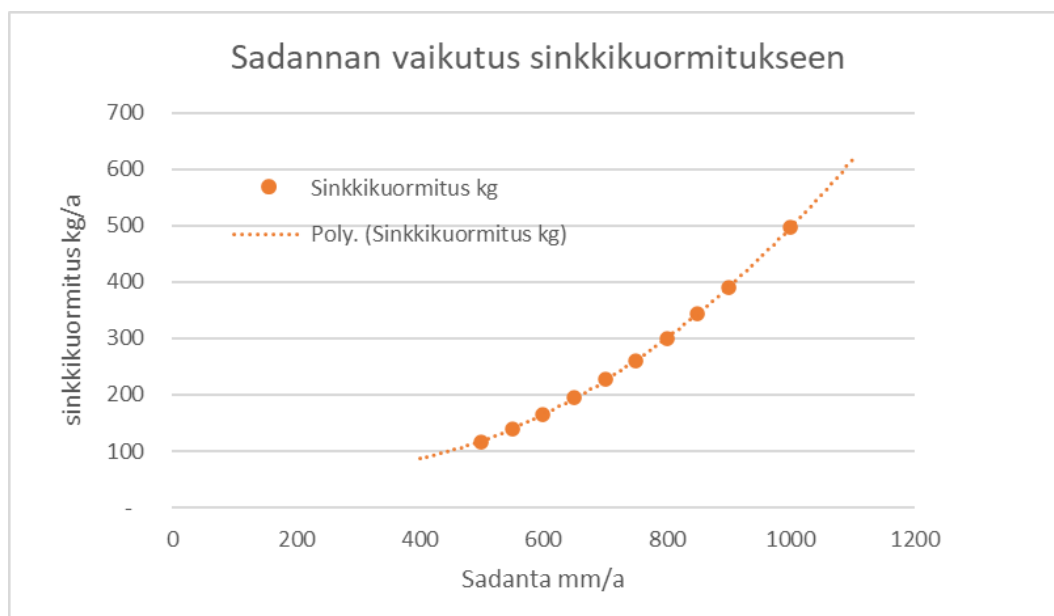
8.1 Sadannan vaikutus

Herkkyystarkastelun perusteella sadanta vaikuttaa suoraan verrannollisesti purkuvesimäärää kasvattavasti (Kuva 8-1).



Kuva 8-1. Sadannan vaikutus purkuvesimäärään.

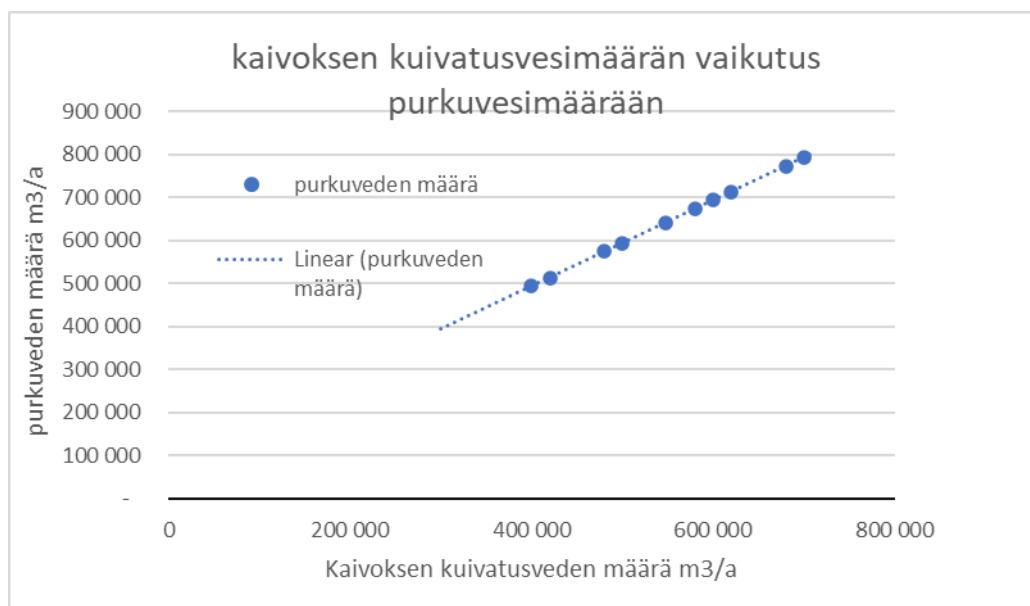
Kasvava sadanta kasvattaa myös sinkkikuormitusta ja mitä suurempi sadanta, sitä voimakkaammin se vaikuttaa sinkkikuormitukseen (Kuva 8-2).



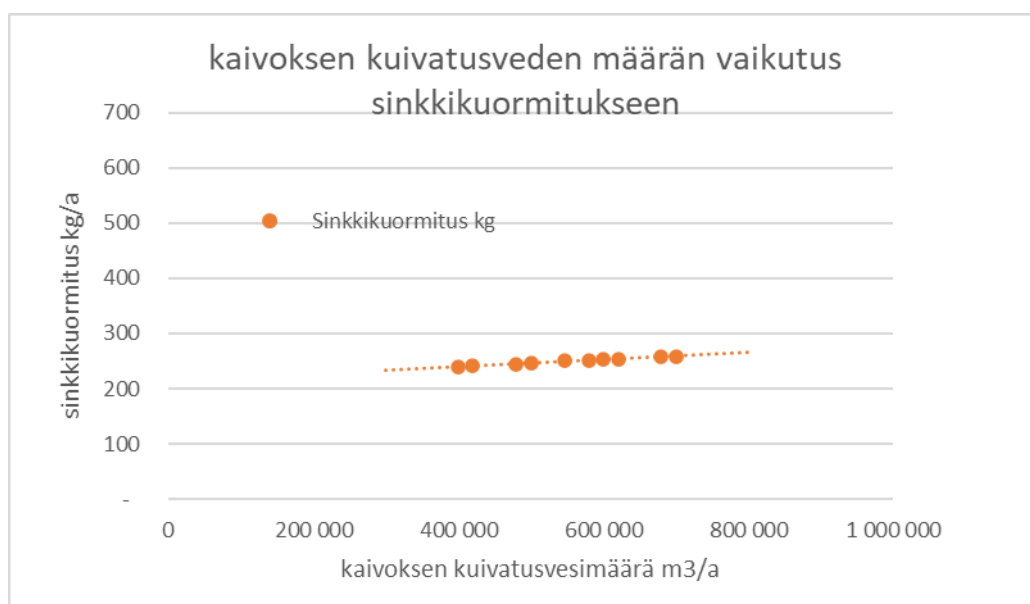
Kuva 8-2. Sadannan vaikutus sinkkikuormitukseen.

8.2 Kaivoksen kuivatusvesimäärän vaikutus

Kaivoksen kuivatusvesimäärä vaikuttaa suoraan verrannollisesti purkuvesimäärää kasvattavasti (Kuva 8-3), mutta sillä on vain vähäinen vaikutus sinkkikuormitukseen (Kuva 8-4).



Kuva 8-3. Kaivoksen kuivatusvesimäärän vaikutus purkuvesimäärään.



Kuva 8-4. Kaivoksen kuivatusvesimäärän vaikutus sinkkikuormitukseen.

8.3 Vedenpuhdistamon poistotehon vaikutus

Vedenpuhdistamon sinkinpoistoteho vaikuttaa voimakkaasti kääntäen verrannollisesti sinkkikuormitukseen (Kuva 8-5).



Kuva 8-5. Vedenpuhdistamon tehon vaikutus sinkkikuormitukseen.

9 Mallin tulosten soveltuvuus ja epävarmuudet

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

Ilmastollisten ilmiöiden vaihtelua on kuvattu mallintamalla erilaisia sadantaskenaarioita, joiden lähtöarvot on tuotettu tilastollisen analyysin keinoin. Vesitasemallin avulla pystytään kuvaamaan ilmaston vaihtelun vaikutus kaivoksen vesitaseeseen.

Ilmastomuutos lisää Suomessa sadantaa ja nostaa keskilämpötilaa. Ilmastomuutos on huomioitu tarkastelemalla vesi- ja kuormataseita kerran sadassa vuodessa sattuvan erityisen runsassateisen vuoden sadannalla koko tarkasteluajanjaksolle. Lämpötilan nousua ei ole tarkasteltu erikseen, mutta sen voidaan ajatella lisäävän toisaalta myös haihduntaa, jolloin vesi- ja kuormatasemallin tulosten voi katsoa olevan varovaisuusperiaatteen mukaan konservatiivisia.

Vesi- ja kuormatasemallissa syötteenä rikastushiekka-alueiden, pyriittialtaan, maanalaisen kaivoksen, sivukivi-, rajamalmi-, rikastamoalueen ja malmikentän vesijakeiden osalta ovat toimineet muiden mallinnuksien tulokset (geokemian ja pohjavesimallien). Näiden osa-alueiden taseita ja ominaisuuksia ei ole tässä mallissa siis erikseen kaikilta osilta tarkasteltu.

Mallinnuksen tulokset ovat suoraan riippuvaisia käytettävissä olevista lähtötiedoista. Mallin syötteenä toimivien pitoisuustietojen vaikutus korostuu erityisesti kuormitustuloksissa. Kuormataseessa on käytetty varovaisuusperiaatteen mukaisesti konservatiivisia arvioita poistotehoista, jollei analyysidataa ole ollut riittävästi saatavilla. Käyttö- ja velvoitetarkkailun tuloksia on käytetty mallissa laskennallisten pitoisuuksien vertaamiseen toteutuneisiin pitoisuuksiin, eli mallin hyvyyden tarkasteluun ja mallin kalibrointiin.

Herkkyysanalyysissa tarkastellun sinkin osalta sadanta vaikuttaa sen kuormitukseen enemmän, kuin kaivoksen kuivatusveden määrä, ja vedenpuhdistamon teholla on kuormitukseen suuri vaikutus. Tätä ei voi yleistää kaikkiin kuormatasemallissa tarkasteltuihin aineisiin, koska vaikutukset riippuvat aineen pääasiallisesta kuormituslähteestä, esimerkiksi tuleeko ainetta enemmän kaivoksen kuivatusveden mukana vai rikastushiekka-altaalta.

10 Lähteet

AFRY Finland Oy 2024a. Toiminnanaikaiset sekä sulkemisen jälkeiset vesilaadut Sotkamo Silverin kaivannaisjätteiden läjitysalueilla sekä louhoksissa.

AFRY Finland Oy 2024b. Sotkamon hopeakaivoksen numeerinen pohjavesimalli.

Sotkamo Silver Oy 2024. Käyttö ja veloitettarkkailun analyysitulokset.

SYKE (2021). Suomen ympäristökeskus. Vesistömallijärjestelmä WSFS-VEMALA. Tiedot haettu 08/2022.

Venäläinen, A.;Saku, S.;Kilpeläinen, T.;Jylhä, K.;Tuomenvirta, H.;Vajda, A.; Ruosteenoja, K. (2007). *Sään ääri-ilmiöistä Suomessa*. Raportteja 2007:4 (korjattu painos). Noudettu osoitteesta: <http://hdl.handle.net/10138/1138>

Vesitasemallin ilmastoparametrien määrittäminen

Sotkamo Silver, Rikastushiekka-altaan laajennuksen
YVA

Vesitasemallin ilmastoparametrien määrittäminen

Asiakas: Sotkamo Silver Oy

Projektinumero: 101019772-001

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.

Päivämäärä 01.08.2022

Versio 0.1

Sotkamo Silver Oy

Rikastushiekka-altaan YVA

Vesitasemallin ilmastoparametrien määrittäminen

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	2
2	MÄÄRITTELYJÄ	3
3	AINEISTO	4
4	ILMASTO SOTKAMON TIPASOJALLA	7
5	Valumakerroin	11
6	VUOSISADANNAN TOISTUVUUS	12
7	RANKKASATEET JA SATEISET JAKSOT	13
7.1	Rankkasade	13
7.2	Sateiset jaksot	14
8	Kevään ylivalumakaudet	15
9	Ilmastonmuutos	16
10	Yhteenveto	18
11	Lähteet	19
	LIITE 1 – AINEISTOTAULUKOT	21

Liitteet

Liite 1 Aineistotaulukot

Raportointihistoria

Versio	Kuvaus	Päivämäärä
0.1	Alkuperäinen raportti	01.08.2022

1 Johdanto

Tässä dokumentissa kuvataan Sotkamo Silverin rikastushiekka-altaan laajennuksen ympäristövaikutuksen arviointia varten tehtävää vesitasemallinnusta varten laaditut ilmastoparametrit määrittämenetelmineen ja tuloksineen. Oletuksena on, että vaatimus vesienhallintajärjestelmien mitoituksen riittävydestä kerran 100 vuodessa tapahtuvan vuosisadannan, rankkasateen, sateisen jakson tai kevään ylivalumakauden yli. Lisäksi alueen vesitaseen hallintaa varten määritetään Sotkamo Silverin kaivosalueelle ilmastomuutoskenaariot 2080-luvulle saakka.

Kaivoksen vesienhallintajärjestelmään kuuluu kaivoksen vesienkäsittelytoimintoihin liittyvät altaat, pumppaamot, putkilinjat, ojaverkostot, pintavalutuskentät, vesienkäsittelyjärjestelmät sekä hulevesien keruualueet. Kaivosalueelle laadittavan vesitaseen avulla tarkastellaan kaivoksen vesienhallintajärjestelmien kapasiteettien riittävyyttä määritetyissä mitoitustilanteissa.

2 Määrittelyjä

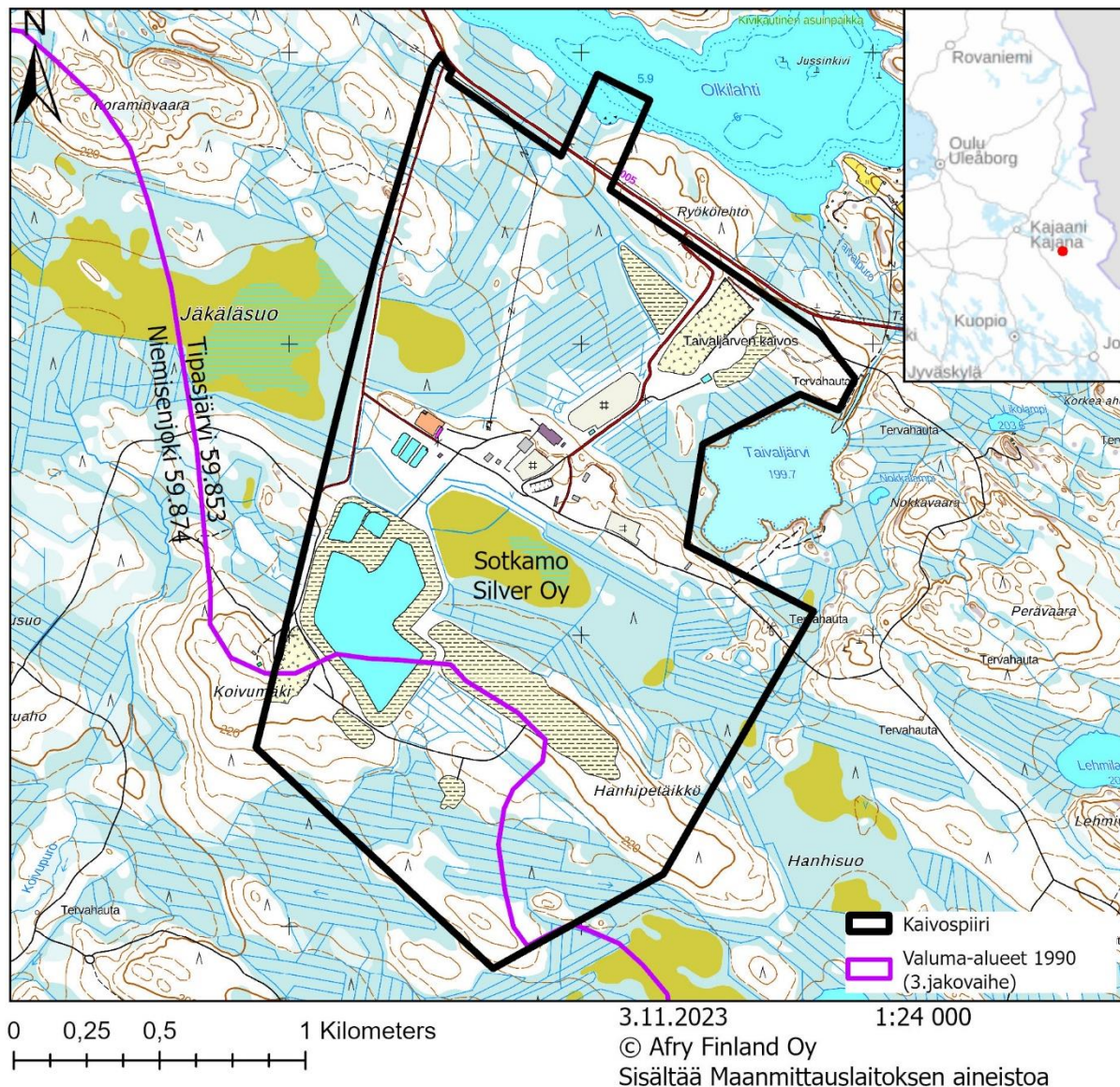
Ilmatieteen laitoksen määritelmän mukaisesti rankkasade on tilanne, kun vettä sataa hetkellisesti paljon. Rankkasateita ilmenee erityisesti sadekuurojen ja ukonilmojen yhteydessä. Runsas sade puolestaan tarkoittaa pidemmällä ajanjaksolla satanutta isoa vesimäärää. Seuraavassa Ilmatieteen laitoksen määritelmien mukainen rankkasadeasteikko.

- 2,5 mm 5 minuutissa
- 5,5 mm 30 minuutissa
- 7,0 mm 1 tunnissa
- 10 mm 4 tunnissa
- 15 mm 12 tunnissa
- 20 mm 24 tunnissa

Sateisella jaksolla tarkoitetaan yleensä sateista 3, 5, 7 tai 14 vuorokauden jaksoa, tai kahden kuivan päivän välistä jaksoa, jolloin jakson pituus voi vaihdella. Tässä yhteydessä määritetään 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden sateiset jaksot. Rikastushiekaltaan laajennusta käsittelevän vesienhallintajärjestelmän mallinnuksen kannalta hetkellisiä rankkasateita merkitsevämpiä ovat vuorokauden aikana tai sitä pidempinä ajanjaksoina tapahtuvat sääilmiöt.

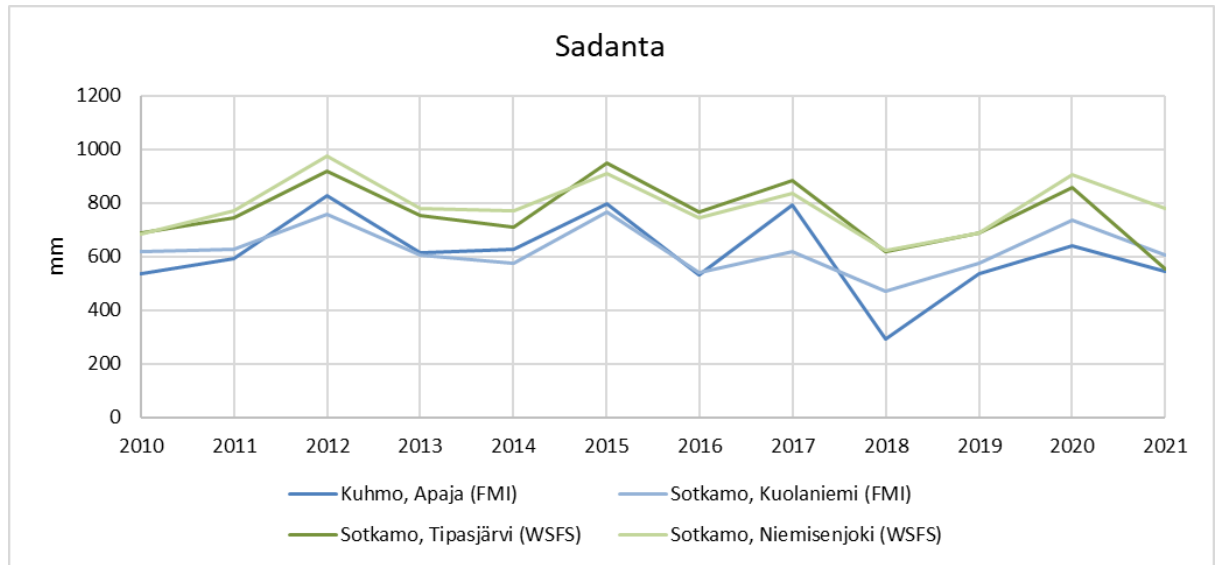
3 Aineisto

Sotkamo Silverin hopeakaivos sijaitsee kolmannen jakovaiheen valuma-alueiden 59.874 Niemisenjoki ja 59.853 Tipasjärvi välisellä vedenjakajalla (*Kuva 3-1*). Molemmat valuma-alueet on mallinnettu Suomen ympäristökeskuksen WSFS vesistömallijärjestelmällä. Kaivosaluetta lähimmäksi sijoitetut Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemat sijaitsevat n. 20 km päässä Sotkamon Kuolaniemellä (asemakoodi 101756) ja Kuhmon Apajassa (asemakoodi 101771). Sotkamon Kuolaniemellä sijaitsevalta havaintoasemalta on saatavissa säähavaintoja vuodesta 1989 alkaen, kun taas Kuhmon Apajassa sijaitsevalta asemalta on saatavissa säähavaintoja vuodesta 1997 alkaen. Kuolaniemen ja Apajan sääasemien tarkkailutulokset eivät sovellu ilmastonmuutoksen, eikä äärevien sääilmiöiden tarkasteluun verrattain lyhyen toiminta-aikansa vuoksi. Pitkän aikavälin tarkastelussa on huomioitu kaivokselta n. 40 km päässä sijaitsevat Nurmeksen Valtimon ja Mujejärven sääasemien tuottama data. Mujejärven havaintoaseman sademäärä havaintoja on saatavissa vuodesta 1966 ja Valtimon sademäärä- ja lämpötila havaintoja vuodesta 1969, lukuun ottamatta vuosia 1970 ja 1974, jolloin Valtimon säähavaintoasemalta ei ole saatavissa havaintoja.



Kuva 3-1 Sotkamo Silverin kaivospiirin sijainti valuma-alueiden 59.874 Niemisenjoki ja 59.853 Tipasjärvi välisellä vedenjakajalla.

Kaivospiirin läheisimpien sääasemien sekä Niemisenjoen ja Tipasjärven valuma-alueiden vuosisadannat esitetään Kuva 3-2. Kuvaajasta nähdään, että WSFS mallinnusdataan perustuva sadanta kaivosalueella on suurempi, kuin lähimmillä ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemilla. Alueen vesitasemallinnuksen lähtötiedoiksi soveltuvat molemmat valuma-alueet 59.874 Niemisenjoki ja 59.853 Tipasjärvi. Koska kaivospiiri sijaitsee suurimmalta osalta valuma-alueella 59.853 Tipasjärvi, käytetään vesitasemallinnuksessa Tipasjärven valuma-alueelle määritettyjä aineistoja.



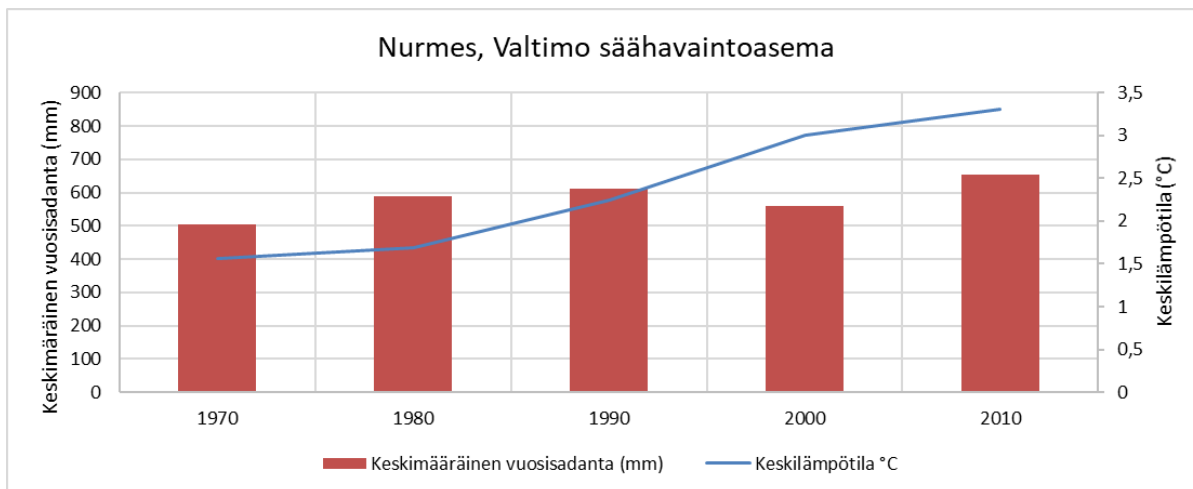
Kuva 3-2 Vuosittaiset mitatut sadannat Kuhmon Apajan ja Sotkamon Kuolaniemen säähavaintoasemilla, sekä WSFS mallinnuksen mukaiset vuosittaiset sadannat Sotkamon Tipasjärven ja Sotkamon Niemisenjoen valuma-alueilla.

4 Ilmasto sotkamon tipasojalla

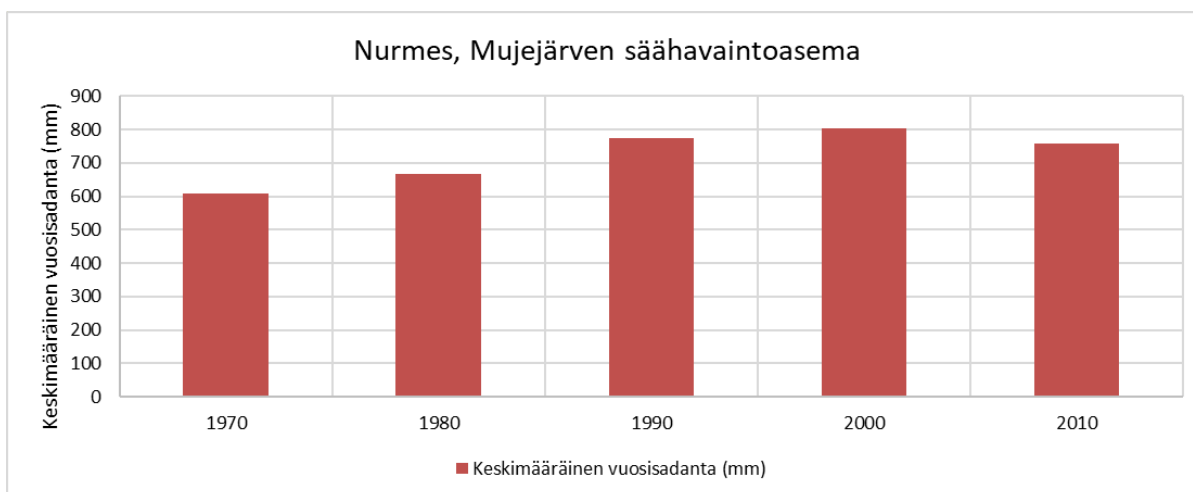
Pitkän aikavälin ilmastoseurantaa varten Sotkamo Silverin kaivosta lähimmät säähavaintoasemat ovat n. 40 km päässä kaivokselta sijaitsevat Nurmeksessa Valtimon (asemakoodi 101743) ja Mujejärven (asemakoodi 101763) havaintoasemat, joista on saatavilla mittaustuloksia 1970-luvulta saakka. Mujejärven havaintoasemalta on saatavilla vain sadannan vuorokausiarvoja, kun taas Valtimon havaintoasemalta on saatavilla myös ilman lämpötilan mittaustiedot. Valtimon havaintoaseman mittaustiedot lämpötilan suhteen puuttuvat vuosilta 1970 ja 1974. Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemilla mitattuja tuloksia verrataan Tipasjärvelle WSFS vesistömallilla mallinnettuihin tuloksiin.

Kuva 4-1 esitetään pitkän aikavälin sademäärän ja lämpötilan muutos Valtimon havaintoasemalla. Kuva 4-2 esitetään pitkän aikavälin sademäärän muutos Mujejärven havaintoasemalla. Suomen ympäristökeskuksen WSFS vesistömallijärjestelmällä mallinnettu Tipasjärven valuma-alueen pitkän aikavälin sademäärän ja lämpötilan muutos on esitetty Kuva 4-3. Kuvista nähdään, että Tipasjärven valuma-alueelle mallinnettu keskilämpötilan muutos 1970-luvun alusta 2010-luvulle saakka ei ole yhtä voimakas, kuin Nurmeksessa Valtimolla mitattu keskilämpötilan muutos. Tipasjärvelle mallinnettu sadanta on runsaampaa, kuin Valtimon säähavaintoasemalla mitattu sadanta. Mujejärvellä mitattu sadanta on samaa suuruusluokkaa Tipasjärvelle mallinnetun sadannan kanssa, mutta Mujejärven keskimääräisen vuosisadannan suuruus vaihtelee enemmän kuin Tipasjärvellä.

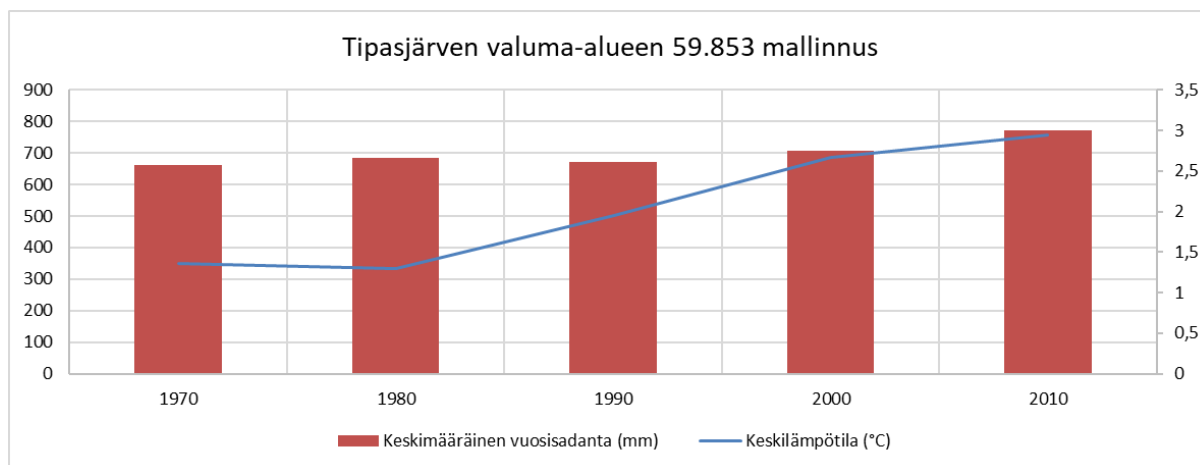
Tipasjärvelle tehtyä sadanta- ja lämpötilamallia voidaan pitää todenmukaisena, sillä se vastaa suuruusluokaltaan Ilmatieteen laitoksen kaivosaluetta lähimpänä sijaitsevien, pitkään seurannassa olleiden Nurmeksessa säähavaintoasemien tuloksia. Aikaväliä 2010–2021 tarkasteltaessa Tipasjärvelle mallinnettu sadannan määrä on suurempi kuin lähimpien Sotkamossa ja Kuhmossa sijaitsevien mittauspisteiden (Kuva 3-2) ja Nurmeksessa sijaitsevien mittauspisteiden (Kuva 4-1 ja Kuva 4-2) sadannat. Eroavaisuudet havainto ja mallinnustulosten välillä on selitettävissä alueellisilla eroavaisuuksilla ilmastossa. Näin ollen Tipasjärven valuma-alueen malli ei anna aliarviota sadannan toteutumisesta alueella ja vesistömallinnusjärjestelmällä tehtyä valuma-alueellista. Suomen ympäristökeskuksen tekemä malli kuvaa lähimpiä sääasemia paremmin Tipasjärven valuma-alueen ilmastoa, joten sitä voidaan käyttää YVA:ssa tehtävän kaivoksen vesitasemallin säätiloja kuvaavana pääasiallisena lähtötietona.



Kuva 4-1. Ilmatieteen laitoksen Nurmeksessa sijaitsevan Valtimon säähavaintoaseman (asemakoodi 101743) keskimääräisen vuosisadannan ja lämpötilan kehittyminen vuosikymmenittäin tarkasteltuna 1970 luvulta 2010 luvulle.



Kuva 4-2. Ilmatieteen laitoksen Nurmeksessa sijaitsevan Mujejärven säähavaintoaseman (asemakoodi 101763) keskimääräisen vuosisadannan kehittyminen vuosikymmenittäin 1970-luvulta 2010 luvulle.



Kuva 4-3. WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 tehty mallinnus keskimääräisten vuosisadantojen ja keskilämpötilojen kehittymisestä vuosikymmenittäin 1970-luvulta 2010 luvulle.

Valtimon säähavaintoaseman mittausdatan perusteella alueen keskilämpötila on 1970 luvulta 2010 luvulle tultaessa noussut n. 1,7 °C. Keskimääräisten vuosisadantojen välillä on hajontaa, mutta myös sadannan trendi on noususuuntainen. Tipasojalle tehdyn WSFS mallin mukaisesti alueen keskilämpötila on tarkasteluajanjaksolla noussut n. 1,5 °C ja keskimääräisen vuosisadannan trendi on hajonnasta huolimatta noususuuntainen. Ilmastonmuutoksen vaikutus alueella näkyy selvästi nousseina lämpötiloina ja pitkän ajan trendinä myös nousseina sademäärinä.

Keskilämpötilan ja vuosisadesumman arvot on koottu Valtimon säähavaintoasemalta ja WSFS vesistömallijärjestelmällä Sotkamon Tipasjärvelle mallinnetuista tuloksista taulukkoon

Taulukko 4-1. Vuosisadesumman keskiarvo on aikavälillä 1970–2019 ollut Valtimolla 583 mm/vuosi ja Tipasjärvellä 699 mm/vuosi. Tarkastelujakson viimeisimmän kolmenkymmenen vuoden (1990–2019) vuosisadesumman keskiarvo on ollut Valtimolla 607 mm/vuosi ja Tipasjärvellä 717 mm/vuosi. Vuoden keskimääräinen lämpötila on aikavälillä 1970–2019 ollut Valtimolla +2,4 °C ja Tipasjärvellä 2,0 °C. Vuosina 1990–2019 keskilämpötila on vastaavasti ollut Valtimolla +2,9 °C ja Tipasjärvellä 2,5 °C. Vuosisadesumma on ollut havaintojaksolla 1970–2019 Valtimolla enimmillään 863 mm (2012) ja pienimmillään 329 mm (2009). Tipasjärvellä Vuosisadesumma on tarkasteluajanjaksolla ollut suurimmillaan 954 mm (1974) ja pienimmillään 512 mm (1978). Ilmastonmuutoksen vaikutus näkyy Valtimon mittausdatassa hieman voimakkaampana, kuin Tipasjärvelle tehdyssä mallinnuksessa.

Taulukko 4-1. Keskimääräinen vuosisadesumma ja keskilämpötila Valtimon säähavaintoasemalla (asemakoodi 101743) ja Tipasjärvelle tehdyssä mallinnuksessa havaintojaksolle 1970–2019, nykyistä ilmastoa kuvaavalle jaksolle 1990–2019 sekä erikseen 10 vuoden aikaväleille.

Aikaväli	Vuosisadesumma, Valtimo (mm)	Vuosisadesumma Tipasjärvi (mm)	Keskimääräinen lämpötila, Valtimo (°C)	Keskimääräinen lämpötila, Tipasjärvi (°C)
1970– 1979	504	661	1,6	1,4
1980– 1989	589	686	1,7	1,3
1990– 1999	611	671	2,2	2,0
2000– 2009	559	706	3,0	2,7
2010– 2019	653	773	3,3	2,9
1970– 2019	583	699	2,4	2,0
1990– 2019	607	717	2,9	2,5

5 Valumakerroin

Taulukossa 5-1 on esitetty Tipasjärven keskimääräinen vuosisadesumma, valuma sekä järvihaihdunta, joiden pohjalta on määritetty Tipasjärven alueelle maa-alueiden valumakerroin ja järvialueiden haihduntakerroin. Maa-alueille tulevasta sadannasta 10 % on arvioitu sitoutuvan kasvillisuuteen ja imeytyvän maaperään. Valuma-arvojen pohjalta määritetään Sotkamo Silverin kaivokselle maa-alueiden valumakertoimeksi 0,48 ja järvialueille 0,50.

Taulukko 5-1 Vuosisadanta ja valuma sekä niiden pohjalta määritetty valumakerroin vuosikymmenittäin Tipasjärven valuma-alueella WSFS vesistömallinnuksen mukaisesti 59.853.

Aikaväli	Vuosisadesumma, Tipasjärvi (mm)	Valuma, Tipasjärvi (mm)	Valumakerroin (maa)	Järvihaihdunta, Tipasjärvi (mm)	Haihduntakerroin (järvi)
1970–1979	661	376	0,57	445	0,67
1980–1989	686	395	0,58	421	0,61
1990–1999	671	381	0,57	331	0,49
2000–2009	706	409	0,58	302	0,43
2010–2019	773	458	0,59	355	0,46
1970–2019	699	404	0,58	371	0,53
1990–2019	717	416	0,58	329	0,46

Järvihaihdunta vaihtelee vuosittain, mutta keskimääräistä sateisempänä vuonna järvihaihdunta ei kasva järvihaihdunnalla määritetyn kertoimen mukaisesti. Laskennassa käytetään järville määritetyn haihduntakertoimen sijasta keskimääräistä 329 mm haihdunta aikavälillä 1990–2019. Maa-alueille määritetty valumakerroin sen sijaan on käyttökelpoinen myös sateisten vuosien valumaa määritettäessä.

6 Vuosisadannan toistuvuus

Vuosisadannalle on tehty Suomen ympäristökeskuksen Tipasjärven valuma-alueelle tekemän mallin pohjalta jakaumasovitus @Risk -ohjelmalla ja vuosisadannan on todettu noudattava Weibull-jakaumaa. Weibull-jakauman mukaiset vuosisadannan toistuvuudet on esitetty taulukossa 6-1. Analyysin mukaan kerran 20 vuodessa tapahtuva vuosisadanta olisi poikkeuksellisen kuivana vuonna 514 mm ja poikkeuksellisen sateisena vuonna 897 mm. Kerran 100 vuodessa tapahtuva vuosisadanta olisi äärimmäisen kuivana vuonna 411 mm ja äärimmäisen sateisena vuonna 951 mm. Ilmaston muuttumisen takia aineistona analyysissä on käytetty Tipasjärven valuma-alueelle mallinnettua aineistoa aikaväliltä 1990–2021.

Taulukko 6-1. Vuosisadesumman Weibull-jakauman mukaiset toistuvuudet, kun lähtöaineistona on käytetty vuosien 1990–2020 mallinnettua sadantaa Tipasjärven valuma-alueella 59.853.

Alitustodennäköisyys	Toistumisväli vuosina	Vuosisadanta (mm)
0,002	500	327
0,005	200	372
0,010	100	411
0,020	50	452
0,050	20	514
0,100	10	567
0,200	5	628
0,500	Moodi (tyyppiäarvo)	734
0,800	5	824
0,900	10	865
0,950	20	897
0,980	50	930
0,990	100	951
0,995	200	969
0,998	500	990

7 Rankkasateet ja sateiset jaksot

7.1 Rankkasade

Rankkasateesta aiheutuva mitoitussadanta määritettiin poimimalla Tipasjärven WSFS vesistömallinnuksen vuorokausitason lämpötila- ja vuorokausisadanta-aineistosta ne vuorokaudet, joiden vuorokausisadanta on yli 20 mm/vrk, eli rankkasateen määrittelyn alaraja, ja lisäksi lämpötila oli yli $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mitoitussadannan määrittelyssä käytettiin näin ollen 39 datapistettä (Liite 1: Taulukko 1). Aineistolle määritettiin toistuvuudet Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä (taulukko 7-1).

Taulukko 7-1).

Gumbel-jakauman mukaisesti 1/100 vuoden toistuvuutta vastaava vuorokausisadanta Tipasjärvellä on 43 mm. Tulokset esitetään 1/500 vuoden toistuvuuteen asti.

Saatuja rankkasateiden toistuvuuksia verrattiin Ilmatieteen laitoksen tilastoihin vuorokautisen sademäärän toistuvuustasoihin kaivosta lähimpänä oleville Joensuun, Kuusamon ja Oulun lentoasemien havaintoasemille (Venäläinen, ym., 2007). Vuorokauden sademäärän toistuvuustasoksi 1/100-vuoden toistumisajalla on raportoitu Joensuussa 84 mm/vrk, Kuusamossa 69 mm/vrk ja Oulussa 73 mm/vrk. Tipasjärven valuma-alueen rankkasateiden toistuvuustaso on huomattavasti alhaisempi ja ei näin ollen vaikuta edustavalle rankkasateiden toistuvuutta arvioitaessa. Rankkasateiden toistuvuutta tarkasteltiin myös Nurmeksen Mujejärven osalta. Mujejärven rankkasadedata noudattaa hyvin Gumbel jakaumaa, kun datasta suodatetaan alle 30 mm sadannat pois, jolloin datapisteiden määrä toistuvuusanalyysissä on 32. Tehdyn toistuvuusanalyysin perusteella Nurmeksen Mujejärvellä 1/100 toistuvuustason rankkasade on 65 mm/vrk. Vertaamalla saatuja tuloksia Ilmatieteenlaitoksen tekemiin toistuvuusanalyysiin, voidaan Mujejärven säähavaintoaseman mittausdatan pohjalta tuloksia pitää luotettavina. Tipasjärvelle tehdyn WSFS vesistömallinnuksen perusteella mallinnettujen rankkasateiden toistuvuuteen tulee suhtautua kriittisesti, vaikka vuosisadannan osalta mallilla päästään tarkkoihin tuloksiin. Rankkasateiden mitoitustasojen perusteena kaivosalueella käytetään luotettavamman tuloksen antavaa Mujejärvelle mitoitettua rankkasadetta. Tipasjärven valuma-alueen ja Nurmeksen Mujejärven osalta rankkasateiden toistuvuudet on esitetty taulukossa 7-1.

Taulukko 7-1. Arvioidut rankkasadevuorokausien vuorokausisadannan toistumisvälit määritettynä Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä, WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 mallinnetun datan sekä Nurmeksen Mujejärven säähavaintoaseman havaintodatan pohjalta.

Alitustodennäköisyys (%)	Toistumisväli (vuotta)	Gumbel Tipasjärvi	Gumbel Mujejärvi
90,0 %	10	33	49
95,0 %	20	36	54
98,0 %	50	40	60
99,0 %	100	43	65
99,5 %	200	46	69
99,8 %	500	50	75

7.2 Sateiset jaksot

Sateisten jaksojen tarkastelu tehtiin laskemalla 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden sadesummat Tipasjärven valuma-alueelle mallinnetusta aineistosta. Toistuvuuksien määrittämisessä käytettiin 80 suurinta sadesummaa. (Liite 1: Taulukko 3).

Aineiston toistuvuudet arvioitiin Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä (taulukko 7-2). Gumbel-jakauman mukainen 3 vuorokauden maksimisadanta, joka vastaa 1/100 vuoden toistuvuutta, on 77 mm. Vastaava arvo 5 vuorokauden sadannalle olisi 93 mm ja 7 vuorokauden sadannalle 114 mm. Tulokset on esitetty 1/200 toistuvuuteen asti soveltuvien osien. Pitkän aikavälin sateisten jaksojen osalta datapistejoukko ei noudata Gumbel-jakauman mukaista sovitusta datajoukon yläpäästä yhtä hyvin kuin lyhyemmällä tarkastelujaksoilla ja tästä syystä jakauma voi antaa 14 vrk ja 30 vrk osalta yliarvion pitkien sateisten jaksojen toistuvuuksille.

Taulukko 7-2. Arvioidut 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden sadesummat Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä, WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 mallinnetun datan pohjalta.

Alitustodennäköisyys (%)	Toistumisväli (vuotta)	3 vrk	5 vrk	7 vrk	14 vrk	30 vrk
90,0 %	10	58	74	87	126	190
95,0 %	20	64	80	95	139	197
98,0 %	50	71	88	106	155	205
99,0 %	100	77	93	114	168	212
99,5 %	200	83	99	122	180	218

Sateisille jaksoille tehtyjä toistuvuusanalyyssejä verrattiin Ilmatieteen laitoksen tekemiin toistuvuusanalyysseihin Joensuun, Kuusamon ja Oulun havaintoasemilla (Venäläinen, ym., 2007). Joensuun havaintoasemalle tehty toistuvuusanalyysi vertautuu hyvin Tipasjärven mallinnusaineistoon tehtyihin toistuvuusanalyysseihin, lukuun ottamatta 14 vrk ja 30 vrk tulosten osalta. Toistuvuusanalyysin tuloksia Tipasjärven osalta voidaan näin ollen pitää käyttökelpoisina.

8 Kevään ylivalumakaudet

Kevään ylivalumakauden tarkastelu tehtiin määrittämällä 1, 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden valuntasummat WSFS vesistömallijärjestelmässä määritetyille Tipasjärven valuma-alueelle aikavälille 1962–2022. Gumbel-jakauman mukainen ylivalumakausien toistuvuus määritettiin valikoimalla WSFS mallin tulosten pohjalta 80 suurinta valumasummaa 1, 3, 5, 7 ja 14 vrk osalta. 30 vrk osalta aineisto soveltui huonosti Gumbel-jakauman mukaiseen toistuvuusanalyysiin. Datan sovitusta jakaumaan parannettiin 30 vrk valumasumman osalta valitsemalla jakauman määritystä varten 20 suurinta valumasummaa (Liite 1: Taulukko 4).

Aineistolle tehtiin toistuvuusanalyysit Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä. Tulokseksi saatiin (Taulukko 8-1), että Gumbel-jakauman mukainen 1 vuorokauden maksimivalunta, joka vastaa 1/100 vuoden toistuvuutta, on 20 mm. Vastaava arvo 3 vuorokauden valunnalle olisi 52 mm, 5 vuorokauden valunnalle 79 mm, 7 vuorokauden valunnalle 99 mm, 14 vuorokauden valunnalle 176 mm ja 30 vuorokauden valunnalle 266 mm. Tulokset on esitetty 1/200 vuoden toistuvuuteen asti.

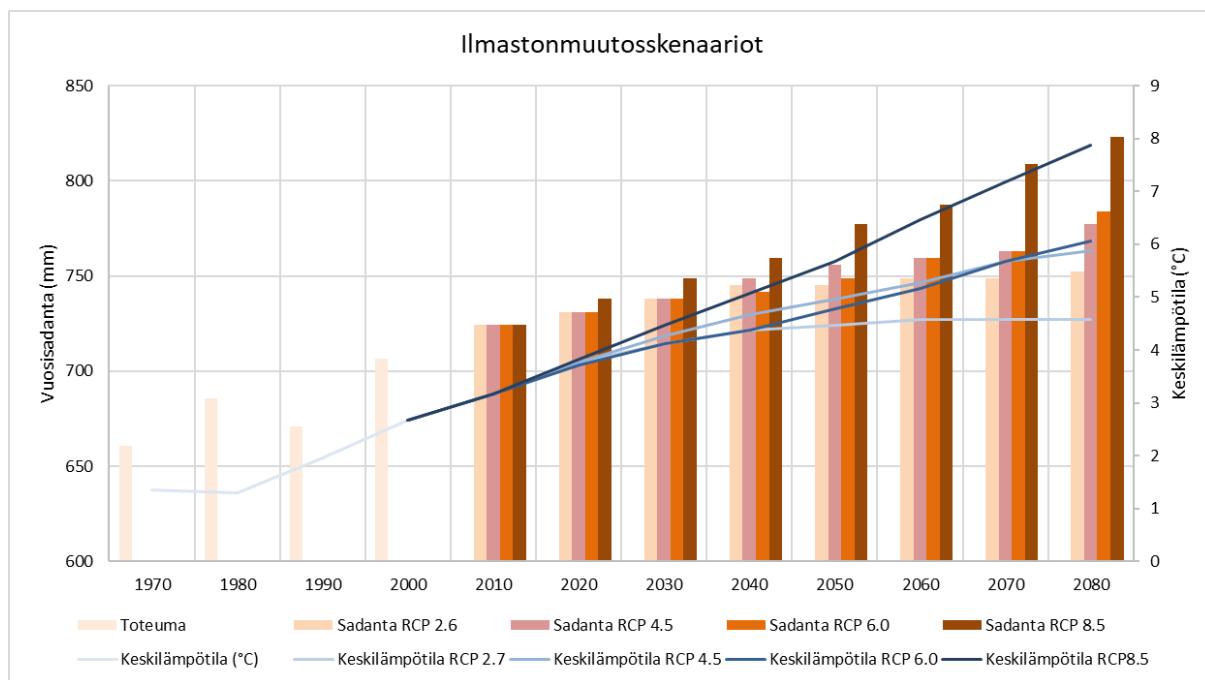
Taulukko 8-1. Arvioidut 1, 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden valuntasummat Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä, WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 mallinnetun datan pohjalta.

Alitustodennäköisyys (%)	Toistumisväli (vuotta)	1 vrk	3 Vrk	5 Vrk	7 vrk	14 vrk	30 vrk
90,0 %	10	15	38	61	82	150	260
95,0 %	20	17	43	67	87	158	261
98,0 %	50	19	47	72	92	168	264
99,0 %	100	20	52	79	99	176	266
99,5 %	200	22	56	84	104	183	268

9 Ilmastomuutos

Ilmastomuutos kasvattaa Suomen sademääriä ja nostaa lämpötiloja, etenkin talvisin. Sademäärän osalta muutokset on vaikeampi havaita, kuin lämpötilan nousun osalta, sillä sademäärien luontainen vaihtelu on suurta. Ilmastomuutosta mallinnettaessa käytetään usein IPCC:n mallintamia kasvihuonekaasujen päästöskenaarioilla. RCP 2.6 skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt alkavat vähentyä 2020-luvulla ja laskevat nollaan 2100-luvulle mentäessä. RCP 4.5 skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt kasvavat 2040-luvulle saakka, jonka jälkeen ne alkavat laskea. RCP 6.0 skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt kasvavat 2080 luvulle ja RCP8.5 skenaariossa kasvihuonekaasupäästöjä ei saada laskuun vuosisadan loppuun mennessä. (S. Solomon, 2007)

Sademäärän ja lämpötilan keskimääräisille muutoksille Suomessa on tehty ilmastomuutosmallinnus eri RCP skenaarioiden mukaan (K. Ruosteenoja, 2016). Alueellisesti ilmastomuutoksen vaikutukset voivat kuitenkin olla Suomen eri osissa toisistaan eroavat. Tipasjärven Valuma-alueelle mallinnettua ilmastodataa täydennetään eri RCP skenaarioiden mukaisilla ennusteilla Kuva 9-1. Ilmastomuutosmallit sisältävät aluekohtaisesti suuria epätarkkuuksia ja tästä syystä ilmastomuutoksen vaikutusarvio kaivosalueelle on suuntaa antava.



Kuva 9-1 Suomen ilmastolle mallinnetut keskimääräiset ilmastomuutosskenaariot RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 ja RCP8.5 WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 mallinnettuun dataan yhdistettynä.

Ilmastomuutoksen vaikutus kaivosalueen ilmastossa on jo nähtävillä erityisesti lämpötilan osalta. Sademäärän osalta vaikutukset eivät ole yhtä selvästi havaittavissa sademäärien luontaisen vaihtelun vuoksi. Tipasjärven valuma-alueen keskimääräinen vuosisadesumma on WSFS vesistömallinnusjärjestelmän mukaisesti 2010 luvulla ollut 773 mm/a. Sen sijaan ilmastomuutosmallinnuksen mukaisesti 2010-luvun sademäärä olisi 2000-luvun sademäärien pohjalta määritettynä ilmastomuutoksen vaikutuksesta

Tipasjärven alueella ollut 724 mm/a. Näin ollen 2010-luvun sademäärän toteuma on ollut selvästi suurempaa, kuin ilmastonmuutosmallin pohjalta määritettynä. 2010-luvun sademääriin verrattuna kaivoksen loppuelinkaaren aikana ei keskimääräisiin vuosisademääriin ole odotettavissa selvää tason nousua.

Keskimääräinen lämpötila Tipasjärvellä oli 2010-luvulla WSFS-mallinnuksen mukaisesti 2,9 °C, kun taas ilmastonmuutosmallinnuksen pohjalta laskettuna keskilämpötila olisi ollut 3,2 °C. Keskilämpötilan nousu alueen säähavaintoasemilla sekä WSFS mallinnusjärjestelmällä mallinnetuissa lämpötiloissa on ollut selvästi nähtävissä 1970-luvulta lähtien. Keskilämpötilan alueella odotetaan yhä nousevan, minkä vuoksi lumipeitteinen aika tulee jäämään keskimäärin lyhyemmäksi kuin 2010-luvulla. Ilmastonmuutoksen keskimääräinen vaikutus ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi kaivoksen tuotannon ajan toimintaan. Sään ääri-ilmiöihin ja erityisen sateisiin vuosiin varaudutaan mallintamalla 1/100 vuoden toistuvuudelle määritettyjen rankkasateiden sekä vuosisadantojen vaikutus kaivoksen vesitaseeseen.

10 Yhteenveto

- Vesitasemallinnuksen keskimääräisen ilmaston mallinnuksessa käytettäviksi ilmastoparametreiksi esitetään seuraavaa:
 - o Vuosisadanta 734 mm
 - o Valumakerroin maa-alueilla 0,48
 - o Järvihaidunta 50 % sadannasta allasalueille

Sotkamo Silverin rikastushiekka-altaan laajennuksen vesitasemallinnuksen riskiperusteisiksi ilmastoparametreiksi esitetään seuraavaa:

- Vuorokautinen mitoitussadanta (rankkasade) 65 mm/vrk (tilastoitu kerran 1/100 vuodessa toistuva vuorokauden sadesumma)
- Sateiset jaksot (kerran 1/100 vuodessa toistuva sadesumma):
 - o 3 vuorokauden sadesumma 77 mm
 - o 5 vuorokauden sadesumma 93 mm
 - o 7 vuorokauden sadesumma 114 mm
 - o 14 vuorokauden sadesumma 168 mm
 - o Vuosisadesumma (sateinen) 951 mm
 - o Vuosisadesumma (kuiva) 411 mm
- Kevään ylivalumakausi (kerran 1/100 vuodessa toistuva ylivalumakauden valunta):
 - o 1 vuorokauden valunta 20 mm
 - o 3 vuorokauden valunta 52 mm
 - o 5 vuorokauden valunta 79 mm
 - o 7 vuorokauden valunta 99 mm
 - o 14 vuorokauden valunta 176 mm
 - o 30 vuorokauden valunta 266 mm
- Vesitasemallinnuksen 1/100 vuodessa toistuvan ylivalumakauden mallinnus kattaa ilmastomuutoskenaarioiden mallinnuksen alueella.

11 Lähteet

SYKE. (2021). Suomen ympäristökeskus. Vesistömallijärjestelmä WSFS-VEMALA. Tiedot haettu 08/2022.

Venäläinen, A.;Saku, S.;Kilpeläinen, T.;Jylhä, K.;Tuomenvirta, H.;Vajda, A.; Ruosteenoja, K. (2007). *Sään ääri-ilmiöistä Suomessa*. Raportteja 2007:4 (korjattu painos). Noudettu osoitteesta: <http://hdl.handle.net/10138/1138>

Sotkamo Silver rikastushiekka-altaan laajennuksen YVA

Asiakas: Sotkamo Silver Oy

Projektinnumero: 101019772-001

LIITE 1 – AINEISTOTAULUKOT

Laatinut: AFRY Finland Oy

Päivämäärä: 1.8.2022

TAULUKKO 1: Ilmatieteen laitoksen Mujejärven (Asemakoodi 101763; 22.8.1966-25.7.2022) säähavaintoaseman aineistoista poimitut rankkasadepäivät.

#	mm/vrk	#	mm/vrk	#	mm/vrk	#	mm/vrk
1	65,2	41	27,7	81	23,1	121	21,1
2	50,6	42	27,6	82	23	122	21,1
3	49,4	43	27,4	83	23	123	21
4	46,5	44	27,4	84	22,9	124	20,9
5	46,3	45	27,2	85	22,7	125	20,8
6	45,7	46	27,2	86	22,6	126	20,8
7	44,5	47	27	87	22,6	127	20,8
8	43,5	48	26,7	88	22,6	128	20,8
9	43,2	49	26,3	89	22,5	129	20,8
10	41,9	50	26,2	90	22,4	130	20,7
11	40,8	51	26,1	91	22,3	131	20,7
12	40,5	52	25,9	92	22,2	132	20,7
13	37,7	53	25,8	93	22,2	133	20,7
14	37,3	54	25,8	94	22,2	134	20,6
15	36,4	55	25,5	95	22,2	135	20,6
16	35,6	56	25,5	96	22,1	136	20,6
17	34,5	57	25,4	97	22,1	137	20,6
18	34,4	58	25,3	98	22	138	20,5
19	34,2	59	25,2	99	22	139	20,4
20	34	60	25,1	100	22	140	20,4
21	32,8	61	25	101	21,9	141	20,3
22	32,6	62	24,9	102	21,8	142	20,2
23	32,6	63	24,7	103	21,8	143	20,2
24	32,5	64	24,7	104	21,7	144	20,2
25	32,5	65	24,5	105	21,7	145	20,2
26	32,3	66	24,3	106	21,6	146	20
27	32,3	67	24,2	107	21,6	147	20
28	32,3	68	24,2	108	21,6	148	20
29	31,9	69	24,2	109	21,5	149	20
30	31,5	70	23,7	110	21,5		
31	30,8	71	23,7	111	21,5		
32	30,3	72	23,5	112	21,4		
33	29,6	73	23,4	113	21,4		
34	29,5	74	23,3	114	21,4		
35	28,9	75	23,3	115	21,3		
36	28,8	76	23,3	116	21,3		
37	28,4	77	23,3	117	21,2		
38	27,8	78	23,2	118	21,2		
39	27,8	79	23,2	119	21,2		
40	27,8	80	23,2	120	21,1		

TAULUKKO 2: WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 mallinnetusta datasta (2.1.1962–24.5.2022) poimitut rankkasadepäivät.

#	mm/vrk
1	38,4
2	38,1
3	35,5
4	34,8
5	34,3
6	31,9
7	30,2
8	30,1
9	29,7
10	27,7
11	27,4
12	26,2
13	26,0
14	25,4
15	24,3
16	24,0
17	23,5
18	23,5
19	23,4
20	23,3
21	23,2
22	23,1
23	23,1
24	22,3
25	22,2
26	21,9
27	21,9
28	21,8
29	21,6
30	21,4
31	21,3
32	21,2
33	21,1
34	21,0
35	20,6
36	20,5
37	20,5
38	20,4
39	20,3

TAULUKKO 3: WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 mallinnetusta datasta (2.1.1962–24.5.2022) poimitut 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden maksimisadesummat.

#	3 vrk maksimi- sadesumma	5 vrk maksimi- sadesumma	7 vrk maksimi- sadesumma	14 vrk maksimi- sadesumma	30 vrk maksimi- sadesumma
1	71,9	89,0	119,8	148,8	201,7
2	71,6	85,3	109,3	146,8	200,2
3	70,4	83,1	104,8	143,8	198,8
4	69,8	79,5	88,4	142,8	198,3
5	61,5	78,9	87,8	142,0	196,5
6	58,6	75,3	86,5	140,3	195,8
7	58,0	74,9	86,2	140,2	194,1
8	56,6	73,5	85,8	138,9	192,3
9	56,2	72,4	82,7	135,2	192,0
10	55,8	72,3	82,7	125,2	192,0
11	54,8	71,9	82,0	121,1	189,3
12	54,2	71,2	79,1	117,5	189,1
13	52,4	71,2	78,5	113,7	187,7
14	52,2	70,3	78,0	111,0	186,9
15	51,7	69,7	77,7	109,5	186,2
16	51,2	69,1	76,8	107,9	185,2
17	50,7	68,1	76,7	107,7	185,1
18	50,5	67,7	76,3	106,1	182,3
19	50,4	66,5	76,2	105,4	181,2
20	50,4	66,5	76,2	103,9	180,9
21	50,1	65,5	75,6	103,8	180,8
22	49,5	65,3	75,5	103,5	178,5
23	49,3	64,6	75,4	102,4	177,8
24	48,8	64,2	75,4	102,3	177,1
25	48,8	63,6	75,4	102,1	176,9
26	47,8	63,1	74,8	101,6	176,7
27	47,7	60,6	74,5	101,4	176,5
28	47,6	60,6	74,0	100,7	175,4
29	47,0	59,1	73,9	100,7	173,8
30	46,4	59,0	73,2	100,6	173,6
31	46,3	58,7	73,1	100,6	173,5
32	45,7	58,7	72,6	100,6	173,2
33	45,7	58,4	72,4	100,3	173,0
34	45,6	58,4	72,4	100,1	172,9
35	45,0	58,2	72,2	99,9	172,9
36	44,9	57,9	72,0	99,5	172,5
37	44,9	57,8	71,6	99,4	172,2
38	44,3	57,3	71,5	99,4	172,2
39	44,3	57,3	71,4	99,1	172,1
40	43,5	56,5	70,8	98,6	171,7
41	43,4	56,2	70,5	98,5	171,6

#	3 vrk maksimi- sadesumma	5 vrk maksimi- sadesumma	7 vrk maksimi- sadesumma	14 vrk maksimi- sadesumma	30 vrk maksimi- sadesumma
42	43,3	56,0	70,3	98,5	171,5
43	43,0	55,5	69,8	98,5	170,4
44	42,4	55,5	69,4	98,4	170,4
45	42,3	55,5	69,1	97,9	170,4
46	42,1	55,3	69,0	97,8	170,2
47	42,1	55,0	68,9	97,7	169,8
48	41,9	54,9	68,8	97,6	168,9
49	41,8	54,8	68,3	97,6	168,7
50	41,7	54,7	66,5	97,2	168,6
51	41,3	54,7	66,5	96,9	168,5
52	41,3	54,3	66,3	96,8	168,3
53	41,3	54,2	66,0	96,8	167,7
54	41,0	54,2	65,6	96,7	167,5
55	40,7	54,1	65,5	96,7	167,5
56	40,6	54,0	65,4	96,6	167,3
57	40,5	54,0	65,4	96,6	167,2
58	40,4	54,0	65,1	96,6	167,0
59	39,8	53,9	64,9	96,5	166,3
60	39,4	53,8	64,9	96,4	166,2
61	39,4	53,7	64,9	96,3	165,2
62	39,3	53,7	64,7	96,1	164,9
63	38,8	53,6	64,5	96,1	164,6
64	38,2	53,3	64,4	95,8	163,9
65	38,2	53,1	64,4	95,7	163,5
66	38,1	53,0	64,3	95,6	163,2
67	38,1	52,9	64,1	95,6	162,5
68	37,8	52,9	64,0	95,6	161,9
69	37,7	52,8	64,0	95,5	161,5
70	37,5	52,7	63,8	95,4	160,9
71	37,3	52,7	63,8	95,2	160,6
72	37,3	52,7	63,7	95,1	160,2
73	37,2	52,6	63,7	95,0	160,1
74	37,0	52,6	63,6	94,8	159,7
75	37,0	51,9	63,5	94,7	159,7
76	36,9	51,7	63,1	94,4	159,6
77	36,9	51,7	63,1	94,4	159,1
78	36,7	51,6	63,0	94,1	159,0
79	36,7	51,6	62,7	94,0	158,8
80	36,5	51,6	62,7	94,0	158,7

TAULUKKO 4: WSFS vesistömallinnusjärjestelmällä Tipasjärven valuma-alueelle 59.853 mallinnetusta datasta (2.1.1962–24.5.2022) poimitut 3, 5, 7, 14 ja 30 maksimi valunnat.

#	1 vrk maksimi- valunta- summa	3 vrk maksimi- valunta- summa	5 vrk maksimi- valunta- summa	7 vrk maksimi- valunta- summa	14 vrk maksimi- valunta- summa	30 vrk maksimi- valunta- summa
1	20,1	55,4	79,8	97,9	165,8	258,1
2	17,9	52,1	79,1	97,0	164,0	258,1
3	17,4	47,1	73,5	95,9	164,0	258,1
4	16,3	46,4	71,2	92,8	159,4	258,1
5	15,9	45,9	71,1	91,7	158,2	257,6
6	15,8	45,4	70,8	91,0	153,0	257,3
7	15,1	45,0	70,6	89,7	152,8	257,1
8	15,0	42,3	69,9	89,6	151,9	257,1
9	14,5	42,0	65,6	89,4	150,9	257,0
10	14,4	41,8	65,6	88,6	150,1	256,9
11	14,3	41,6	65,4	85,9	149,8	256,3
12	14,1	41,3	63,9	84,9	148,1	255,5
13	14,1	40,4	63,3	84,7	145,5	254,8
14	14,0	40,0	62,5	83,0	144,2	254,6
15	13,8	38,0	61,7	81,5	143,5	253,1
16	13,3	37,7	59,8	80,7	143,2	252,5
17	12,8	37,3	59,7	80,1	141,5	251,2
18	12,7	37,1	59,6	80,0	140,4	251,1
19	12,7	36,8	59,0	79,4	139,7	248,2
20	12,4	35,9	58,7	79,4	138,6	247,1
21	12,3	35,8	58,3	79,3	138,0	245,8
22	12,3	35,7	58,2	78,9	136,8	245,4
23	12,2	35,6	57,9	78,8	136,0	243,0
24	12,2	35,5	57,8	78,4	135,3	242,5
25	12,2	35,5	57,7	78,2	135,1	237,6
26	12,1	35,5	57,4	77,6	134,0	237,2
27	12,0	35,5	57,1	77,5	133,9	236,3
28	11,9	35,2	57,0	77,0	133,8	232,9
29	11,9	35,1	56,8	76,9	133,7	232,4
30	11,8	34,8	55,8	76,1	133,4	230,0
31	11,8	34,7	55,4	75,8	132,9	229,5
32	11,8	34,7	55,3	75,7	132,5	227,6
33	11,7	34,3	55,3	75,4	130,9	227,5
34	11,7	34,0	55,0	75,2	130,5	226,7
35	11,7	33,8	55,0	74,6	130,3	226,4
36	11,6	33,8	54,6	74,6	130,1	226,1

#	1 vrk maksimi- valunta- summa	3 vrk maksimi- valunta- summa	5 vrk maksimi- valunta- summa	7 vrk maksimi- valunta- summa	14 vrk maksimi- valunta- summa	30 vrk maksimi- valunta- summa
37	11,6	33,7	54,4	74,5	129,8	222,4
38	11,6	33,5	54,4	74,5	129,6	221,8
39	11,5	33,3	54,2	74,2	129,5	219,6
40	11,5	33,3	53,9	74,1	129,1	217,7
41	11,4	33,0	53,9	73,9	129,1	217,4
42	11,3	32,9	53,9	73,9	128,7	215,2
43	11,3	32,9	53,8	73,7	128,6	213,1
44	11,2	32,8	53,8	73,5	128,1	212,4
45	11,1	32,8	53,8	73,5	127,4	212,3
46	11,1	32,7	53,4	73,2	127,2	212,0
47	11,1	32,7	52,9	73,0	127,1	212,0
48	11,1	32,6	52,9	72,3	126,5	211,7
49	11,0	32,5	52,9	71,8	125,1	211,6
50	11,0	32,4	52,4	71,5	124,4	211,4
51	11,0	32,4	52,4	71,2	124,3	211,1
52	11,0	32,4	52,0	71,1	124,3	210,0
53	11,0	32,2	52,0	71,1	124,1	209,0
54	10,9	32,1	51,7	70,5	123,7	208,7
55	10,9	32,0	51,5	70,2	123,6	208,7
56	10,9	31,9	51,3	69,6	123,4	208,0
57	10,9	31,9	51,3	69,3	123,2	207,1
58	10,8	31,9	51,1	68,8	123,1	206,9
59	10,7	31,8	51,0	68,7	123,1	206,8
60	10,7	31,8	50,8	68,7	122,8	206,4
61	10,7	31,8	50,7	68,5	122,7	206,3
62	10,7	31,7	50,7	68,4	122,7	205,3
63	10,6	31,7	50,5	68,3	122,5	205,2
64	10,6	31,6	50,5	68,3	122,5	205,1
65	10,6	31,4	50,4	68,2	122,4	204,3
66	10,6	31,4	50,3	68,1	121,8	203,5
67	10,6	31,2	50,2	68,0	121,8	203,2
68	10,6	31,2	50,2	67,6	121,6	203,1
69	10,5	31,2	50,1	67,5	121,6	203,0
70	10,5	31,1	50,0	67,5	121,5	202,8
71	10,5	31,1	50,0	67,5	121,4	202,3
72	10,4	30,9	50,0	67,3	121,3	202,1
73	10,4	30,9	49,9	67,1	121,1	201,8
74	10,4	30,8	49,6	67,1	121,0	201,7
75	10,4	30,8	49,6	66,8	120,5	201,5

#	1 vrk maksimi- valunta- summa	3 vrk maksimi- valunta- summa	5 vrk maksimi- valunta- summa	7 vrk maksimi- valunta- summa	14 vrk maksimi- valunta- summa	30 vrk maksimi- valunta- summa
76	10,4	30,5	49,5	66,7	120,3	201,1
77	10,4	30,4	49,5	66,6	120,3	200,4
78	10,3	30,4	49,4	66,4	120,3	199,5
79	10,3	30,4	49,4	66,4	120,2	199,5
80	10,3	30,3	49,0	66,3	120,2	198,6

Pvm
25/03/2024
Projektiviite
101019772-001

Asiakas
Sotkamo Silver

Liite 3 Vesitaselaskennan tulokset

Liite 2 Vesikiertokaaviot

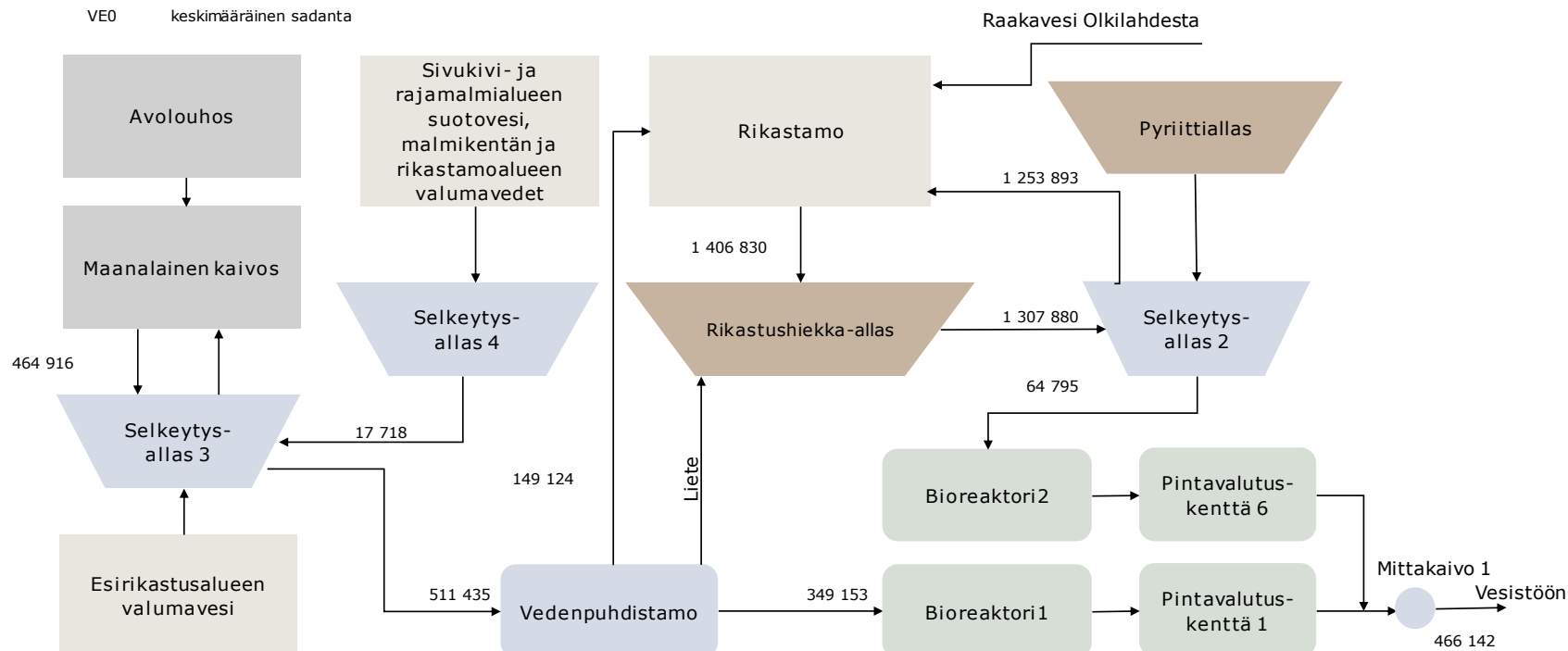
Rikastushiekka-altaan laajennuksen YVA-selostus

Sisällys

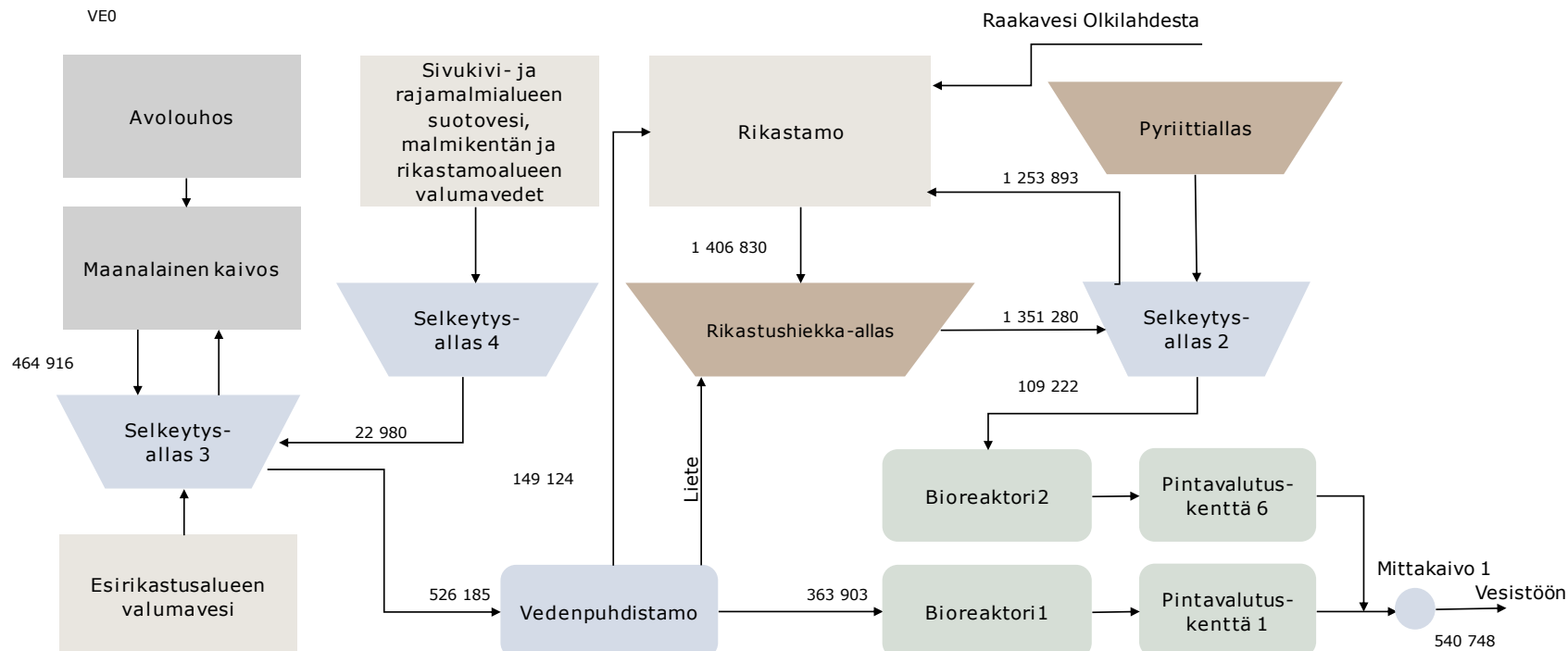
1	VE0 keskimääräinen sadanta	2
2	VE0 1/100 vuodessa toistuva sadanta	2
3	VE1 keskimääräinen sadanta täyttö 1.....	3
4	VE1 1/100 vuodessa toistuva sadanta täyttö 1	3
5	VE1 keskimääräinen sadanta täyttö 2.....	4
6	VE1 1/100 vuodessa toistuva a sadanta täyttö 2	4
7	VE2 keskimääräinen sadanta täyttö 1.....	5
8	VE2 1/100 vuodessa toistuva sadanta täyttö 1	5
9	VE2 keskimääräinen toistuva täyttö 2	6
10	VE2 1/100 vuodessa toistuva sadanta täyttö 2	6

Täyttö 1 = sivukivitäyttö louhoksille
Täyttö 2 = sivukivi- ja rikastushiekkatäyttö louhoksille

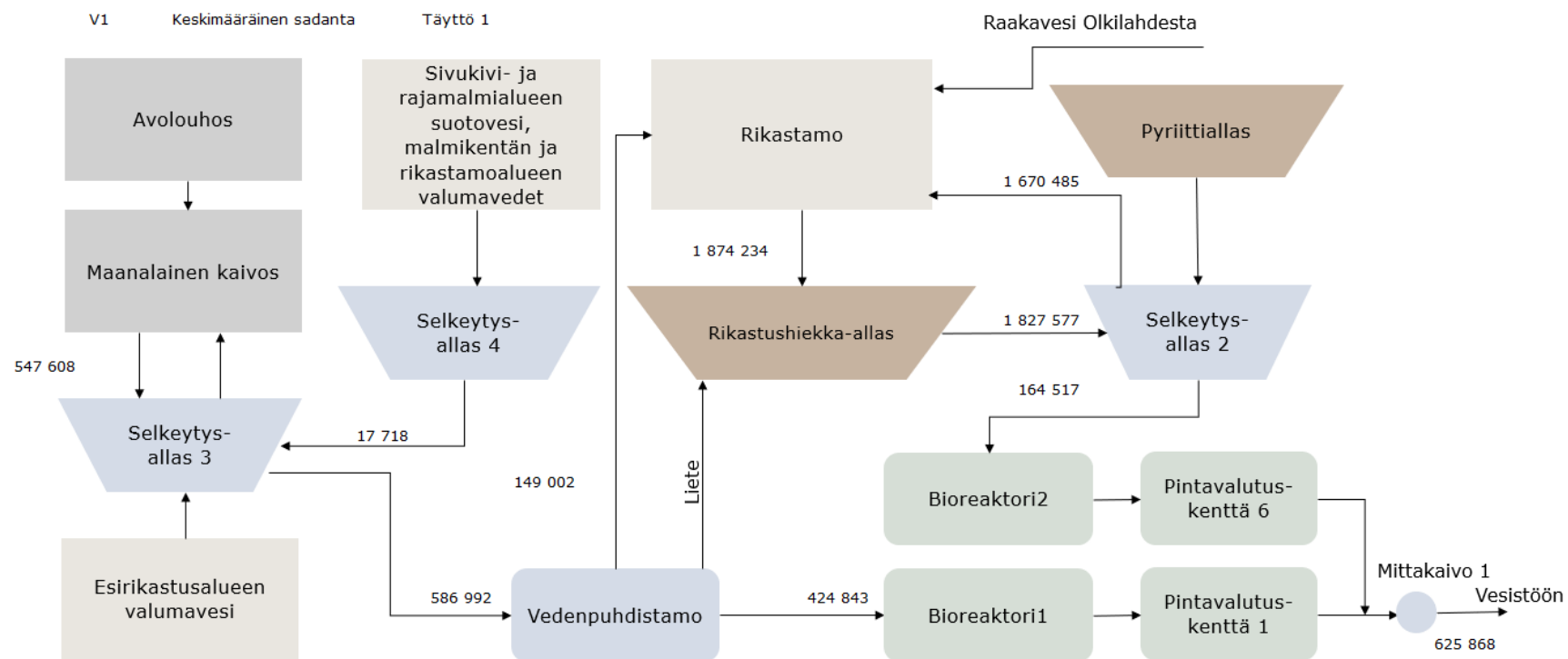
1 VE0 keskimääräinen sadanta



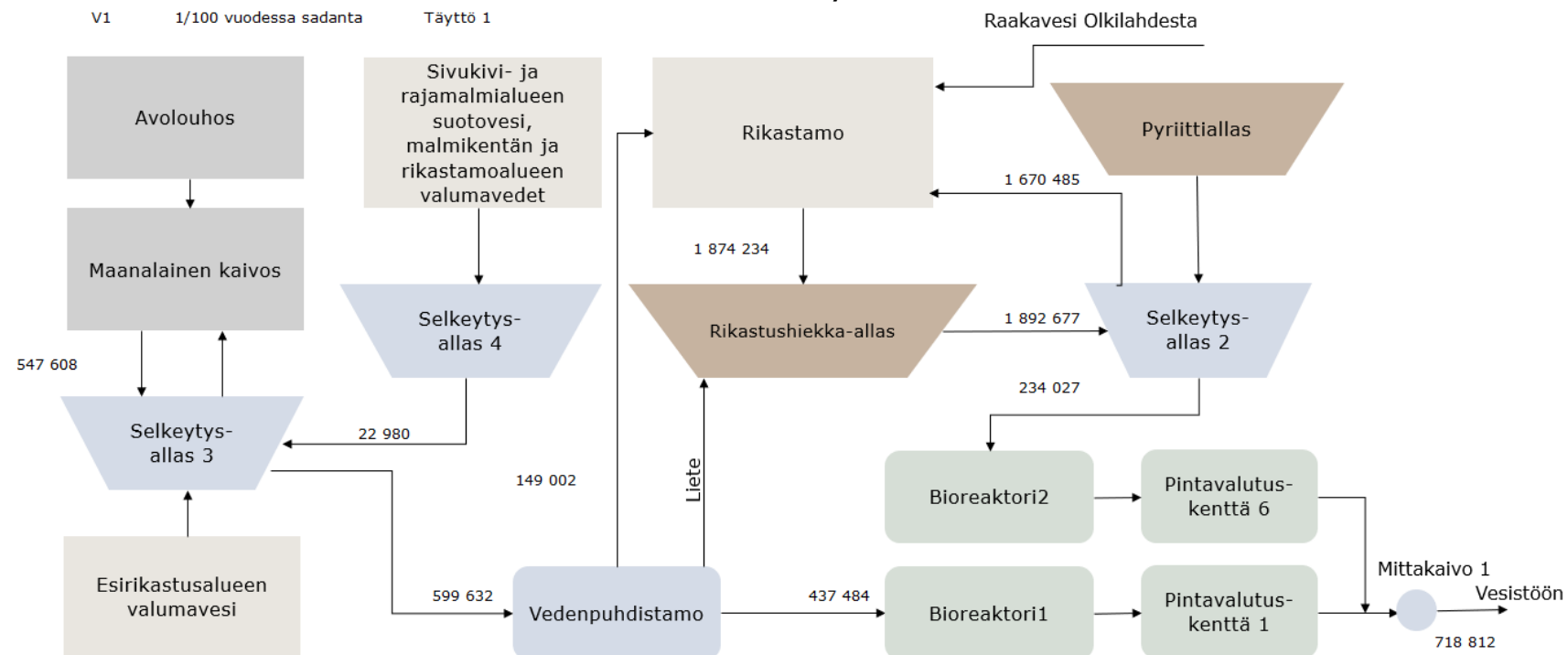
2 VE0 1/100 vuodessa toistuva sadanta



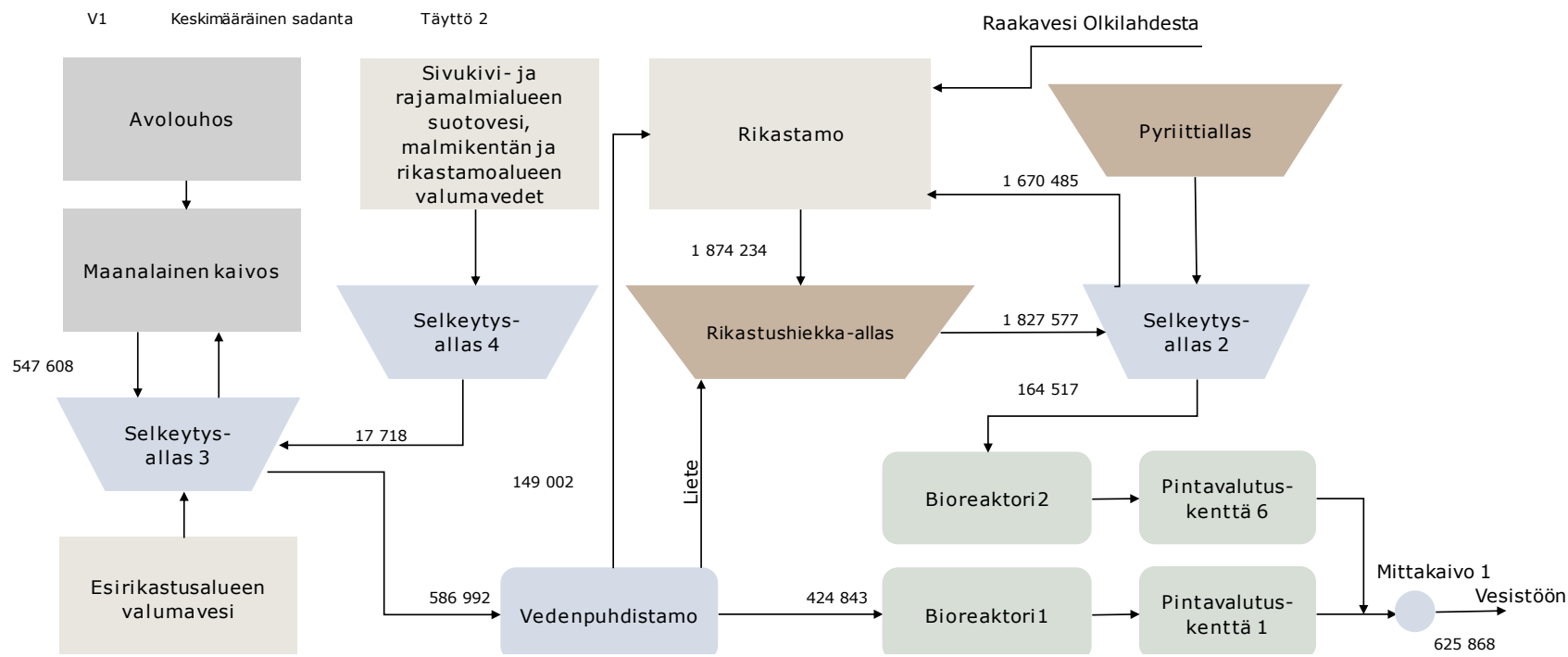
3 VE1 keskimääräinen sadanta täyttö 1



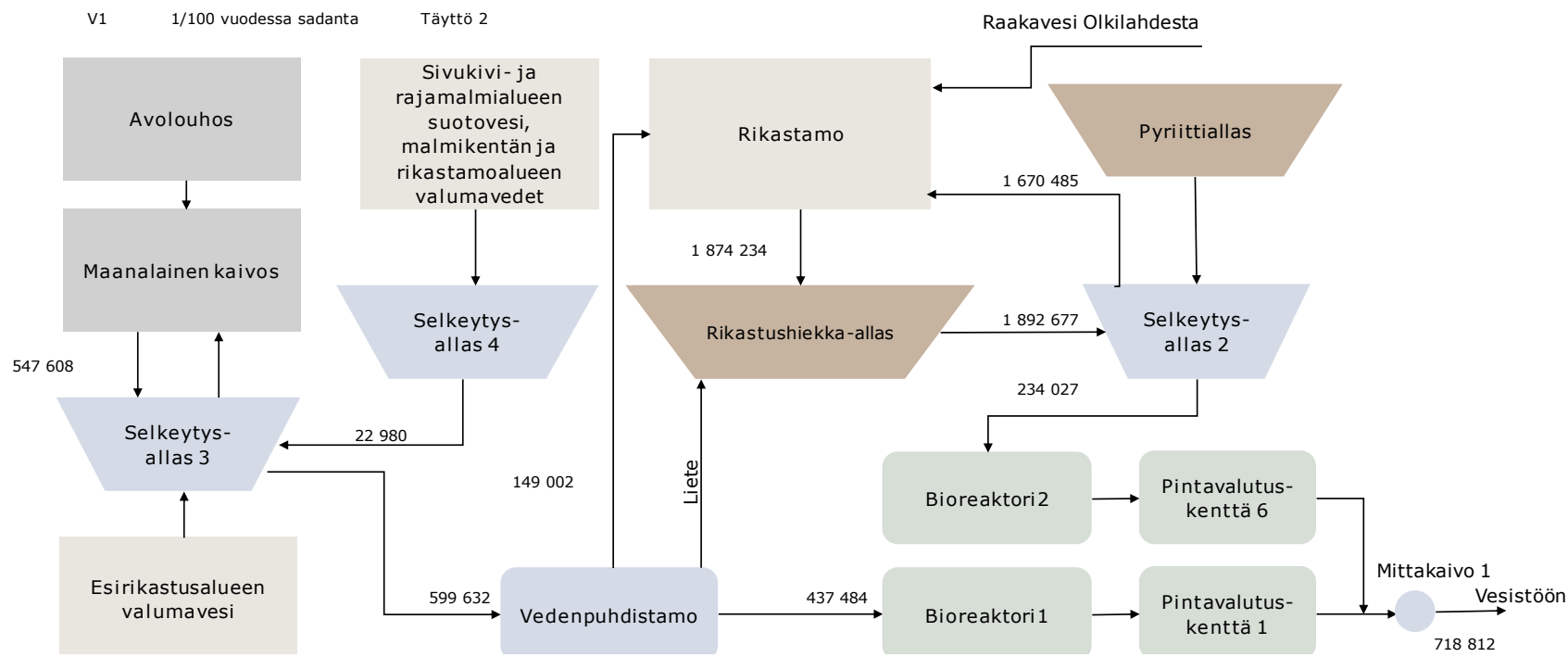
4 VE1 1/100 vuodessa toistuva sadanta täyttö 1



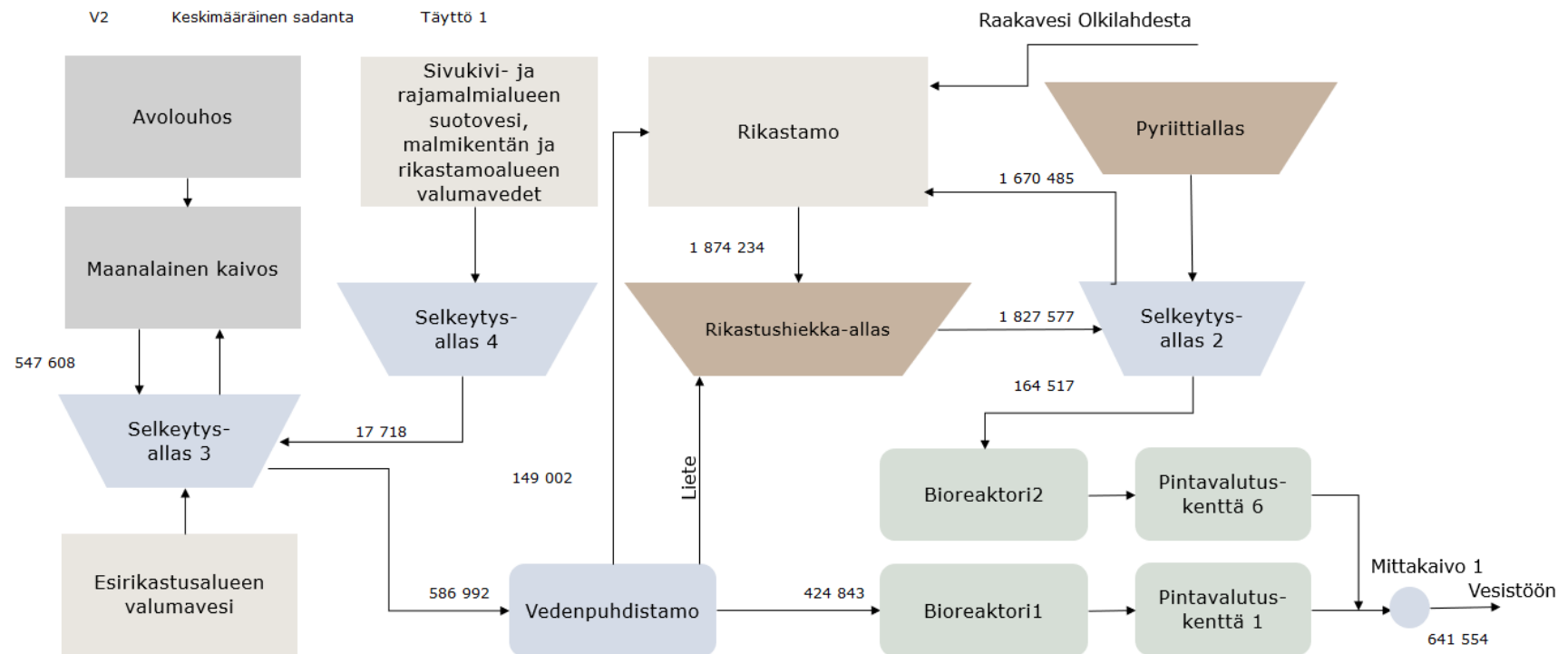
5 VE1 keskimääräinen sadanta täyttö 2



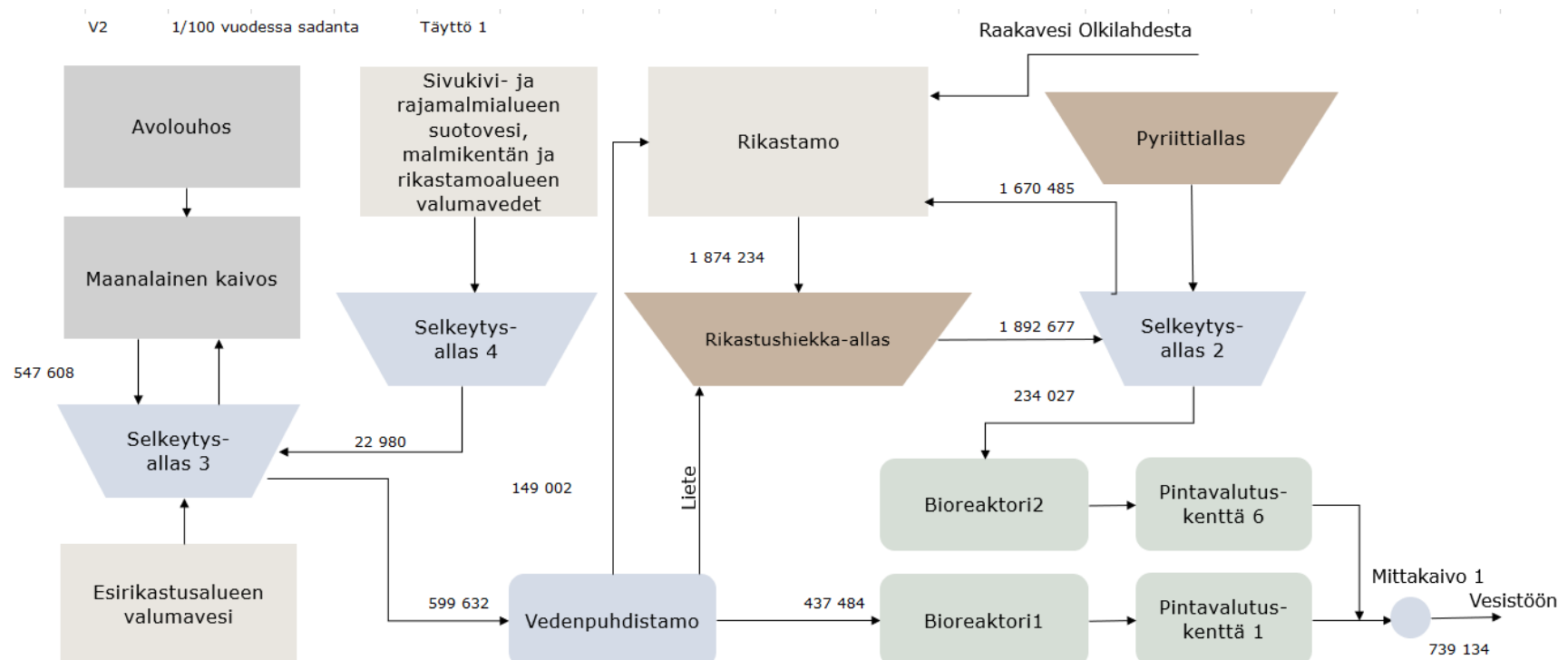
6 VE1 1/100 vuodessa toistuva sadanta täyttö 2



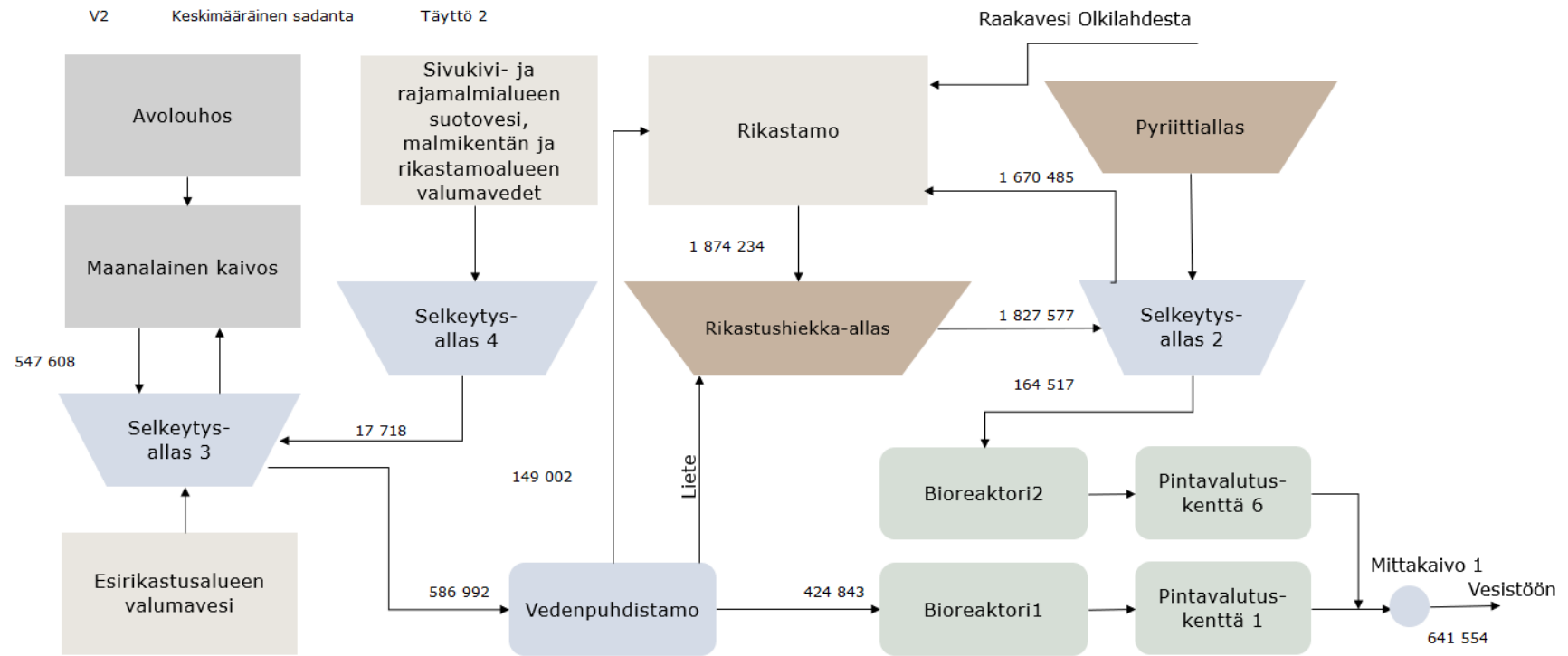
7 VE2 keskimääräinen sadanta täyttö 1



8 VE2 1/100 vuodessa toistuva sadanta täyttö 1



9 VE2 keskimääräinen sadanta täyttö 2



10 VE2 1/100 vuodessa toistuva sadanta täyttö 2

