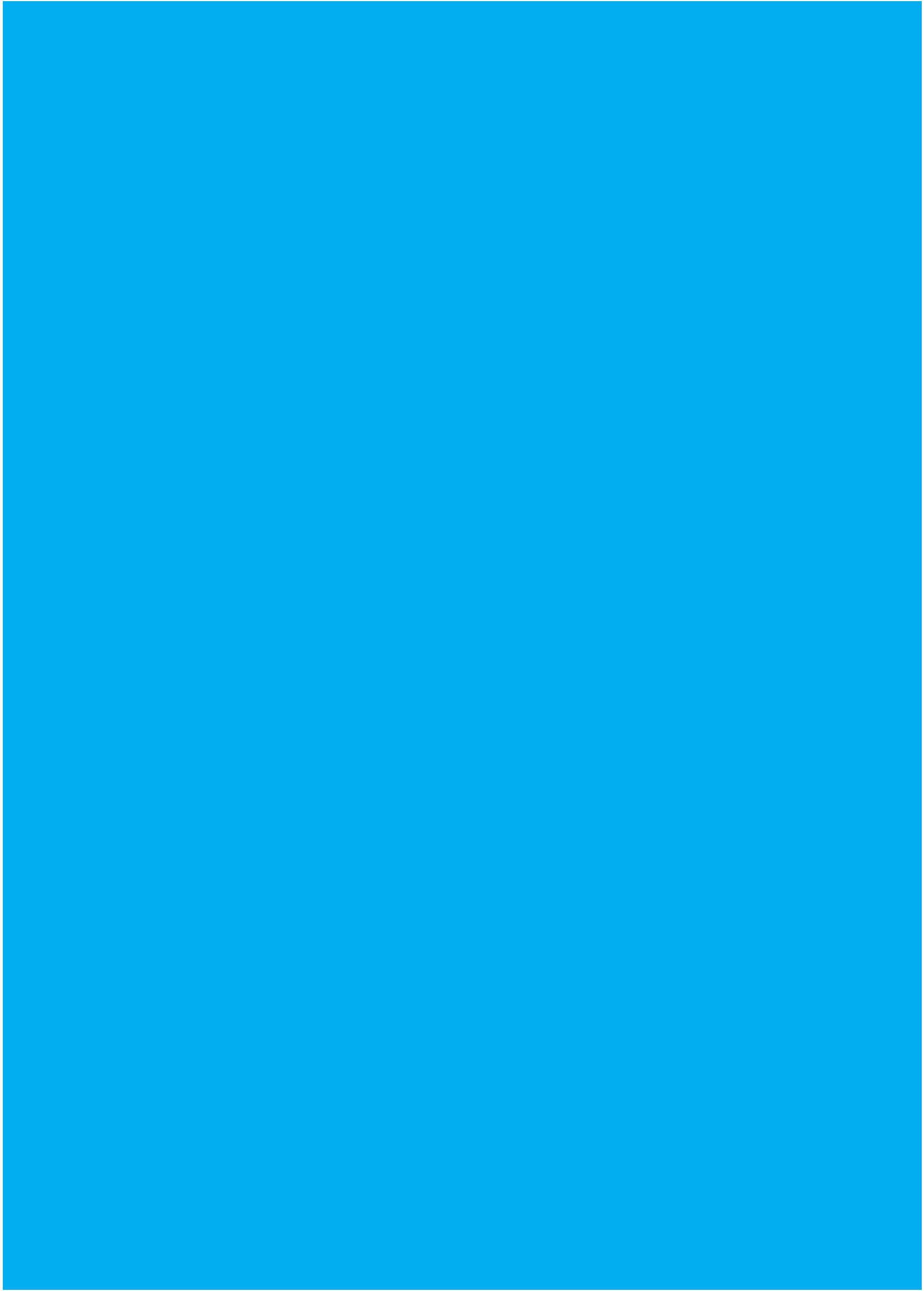


Liite 12

HIA 2



HYDROLOGICAL IMPACT ASSESSMENT FOR THE HANNUKAINEN IRON ORE- COPPER-GOLD PROJECT, PHASE 2

**Prepared For
Northland Mines OY**

Tämä raportti on suomenkielinen käännös alkuperäisestä englanninkielisestä raportista. Virallinen versio raportista on englanninkielinen.

Report Prepared by

SRK Consulting (UK) Limited
UK4970

TEKIJÄNOIKEUS JA VASTUUVAPAUSLAUSEKE

Tämän asiakirjan ja siihen liittyvien tietojen ja mallien tekijänoikeus (ja muut soveltuvat immateriaalioikeudet) kuuluvat SRK Consulting (UK) Limited ("SRK") -yhtiölle, ja niitä suojelevat kansainväliset tekijänoikeutta koskevat ja muut lait.

Tätä asiakirjaa ei saa käyttää tai siihen viitata missään muussa tarkoituksessa kuin siinä, mitä varten se on laadittu, eikä SRK ole vastuussa mistään tappioista tai vahingoista, joita tuollaisesta käytöstä tai viittaamisesta voi aiheutua. Mikäli tämän asiakirjan saaja haluaa käyttää tämän asiakirjan sisältöä johonkin muuhun tarkoitukseen kuin mihin se on nimenomaisesti laadittu, tai rahoituksen hankkimiseen kolmannelta osapuolelta, niin siinä tapauksessa, että asiakirjaa ei käytetä tähän tarkoitukseen kokonaisuudessaan, saajan tulee ennen käyttöä esittää luonnos kaikista laatimistaan raporteista tai asiakirjoista, joihin saattaa sisältyä jotain tämän asiakirjan sisällöstä, SRK:n tarkistettavaksi niin, että SRK voi varmistaa, että asia esitetään tavalla, joka oikein ja kohtuullisesti heijastelee SRK:n saamia tuloksia tai tekemiä johtopäätöksiä.

Tämän asiakirjan käyttöä sääntelevät tiukasti ne ehdot, jotka SRK on asettanut asiakkaalleen tämän asiakirjan vastaanottajana, ja ellei SRK ole erikseen toisin sopinut, mitään oikeuksia ei anneta kolmansille osapuolille. Tätä asiakirjaa voi välittää kolmansille osapuolille vain kokonaisuudessaan sellaisena kuin SRK on sen tuottanut, eikä sitä saa kopioida eikä levittää julkisesti (kokonaisuudessaan tai osaksi) tai missään toimitetussa, lyhennetyssä tai muuten muutetussa muodossa ilman SRK:n nimenomaista kirjallista suostumusta. Mikäli tämä asiakirja paljastetaan tai välitetään jollekin kolmannelle osapuolelle, tuolla kolmannelle osapuolella ei ole oikeutta luottaa mihinkään tietoon, takuisiin tai esityksiin joita tähän asiakirjaan saattaa sisältyä, ja asiakirjan saajan tulee korvata SRK:lle kaikki vaatimukset, menetykset ja kustannukset, joita SRK:lle saattaa aiheutua suhteessa noihin kolmansiin osapuoliin.

© SRK Consulting (UK) Limited 2011

SRK Oikeushenkilö:

SRK Consulting (UK) Limited

SRK Osoite

5th Floor Churchill House
17 Churchill Way
City and County of Cardiff, CF10 2HH
Wales, United Kingdom.

Päiväys:

Tammikuu, 2013

Projektinnumero:

UK4970

SRK:n projektinjohtaja:

Tony Rex

Yrityskonsultti (Hydrogeologia)

SRK:n projektipäällikkö:

Sarah Lyle

Konsultti (Hydrogeologia)

Asiakkaan edustaja:

Joanna Kuntonen-van't Riet

Asiakkaan osoite:

Northland Mines Oy
Asematie 4
95900 Kolari
Finland

YHTEENVETO

Virhe. Tuntematon asiakirjan ominaisuuden nimi. **HYDROLOGISTEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI, VAIHE 2**

1 JOHDANTO

Hannukaisen hanke sijaitsee Kolarin alueella Suomen Lapissa, noin 100 km napapiiriltä pohjoiseen. Kaivosalueen lähistöllä olevat joet ovat uhanalaisen meritaimenen (*Salmo truter*) elinympäristöä ja ne sijaitsevat EU:n vuoden 1992 Elinympäristödirektiivin mukaisella Natura 2000 -suojelualueella.

Aiemmin vuonna 2012 SRK sai valmiiksi "1-vaiheen" hydrologisten vaikutusten arvioinnin (HIA) esitetylle Hannukaisen kaivokselle ja siihen liittyville infrastruktuureille (avolouhokset, sivukivien läjitysalueet, rikastushiekan kuivaläjitysalueet ja käsittelyalue). Tutkimuksessa identifioitiin mahdolliset kielteiset vaikutukset paikallisille joille, sekä laadullisesti että määrällisesti. Tämän seurauksena hanke on edennyt vaiheeseen 2, jossa arvioidaan rikastushiekan sijoittamisen kannattavuutta jo olemassa olevalle rikastushiekka-alueelle Rautuvaaraan vaihtoehtona rikastushiekan sijoittamiselle Hannukaisen kaivosalueelle.

Esitetty vaiheen 2 Rautuvaaran rikastushiekan käsittelyjärjestelmän (TMF, rikastushiekka-alue) infrastruktuuri (kuivaläjitetty rikastushiekka ja käsittelyalue) sijaitsevat Niesajoen laaksossa, noin 10 km esitetyistä Hannukaisen louhoksista etelään Niesajoen yläjuoksulla. Alue on myös Kylmäojan, Äkäsjoen sivujoen, valuma-alueella.

Sekä Äkäsjoki että Niesajoki ovat Muonionjoen sivujokia. Muonionjoki muodostaa osan Suomen ja Ruotsin välistä valtakunnanrajaa. Käsitellyt kaivosvedet lasketaan suoraan Rautuvaaran TMF:stä Muonionjokeen putken kautta.

Rautuvaaran TMF sijaitsee alueella, jolla on pitkä kaivostoiminnan historia. Alueella sijaitsee nykyinen rikastushiekan läjitysalue, joka kattaa 85 hehtaaria ja sisältää noin 6,6 miljoonaa tonnia jätettä. Nykyisen alueen vedenpurkuputket sijaitsevat eteläpuolella ja niiden kautta vettä voidaan johtaa Niesajokeen, joka laskee Muonionjokeen noin 12 km alempana. Tämän seurauksena aikaisemman kaivostoiminnan jälkivaikutuksia on nähtävissä sekä pintaveden että pohjaveden laadussa.

Rikastushiekan sijoittamisen aloittaminen uudelleen alueella saattaa vaikuttaa haitallisesti pintaveden virtaamaan ja laatuun ja myös paikallisiin pohjavesioloihin lähellä läjitysaluetta. Tästä syystä on tärkeää määritellä nykyiset olosuhteet tutkimusalueella ja arvioida mahdolliset vaikutukset ympäristöön.

Tässä raportissa esitetään pääpiirteittäin hydrologisten vaikutusten arviointi (HIA) Rautuvaaran TMF:n laajentamisen ja Hannukaisen kaivosalueella kaivoksen infrastruktuuriin tehtävien muutosten ympäristö- ja sosiaalisten vaikutusten arvioinnin (ESIA) tueksi.

2 NYKYTILA

Pintavesien hydrologista perustilaa tutkimusalueella arvioitiin analysoimalla alueellista virtaamatietoa Suomen ympäristöhallinnon OIVA-tietokannasta, ja sitä täydennettiin paikan päällä tehdyillä virtaamamittauksilla. Analyysillä saatiin arvioita vuosittaisesta virtaamasta, keskimääräisistä kuukausittaisista virtausolosuhteista ja alivirtaamista keskeisissä joissa, joihin hanke saattaisi vaikuttaa. Kaivospaikan lähellä olevien jokien virtaamat vaihtelevat vuodenajoin niin, että vesi on korkealla lumen sulamisen jälkeen keväällä ja matalalla talvella, kun sadanta jää valuma-alueelle lumena ja jäänä. Nämä vuodenaikaisvaihtelut vaikuttavat jokijärjestelmien luonnollisiin laimenemisolosuhteisiin vuoden mittaan.

Perustilaselvitys pintaveden laadusta hankkeen lähiympäristön joissa tehtiin Northland Mines Oy:n käynnistämässä laajassa vedenlaadun tarkkailuohjelmassa. Niesajoen vedenlaadun perustilaan vaikuttaa negatiivisesti vanha rikastushiekka, joka on sijoitettu nykyiselle Rautuvaaran rikastushiekka-alueelle TMF, joka sijaitsee Niesajoen laaksossa, sekä hallitsemattomat pintavesipäästöt nykyisen rikastushiekka-alueen eteläaltaasta jokeen. Vedenlaatu paranee Niesajoen alajuoksulla.

Muulla useimpien jokien veden laatu on hyvä. Kullekin kohteelle on kehitetty jokiveden laatua koskevat vedenlaatutavoitteet (WQO) käyttämällä ANZECC-metodologiaa, joka on kansainvälisesti tunnustettu standardi. Jokaiselle kemialliselle muuttujalle on johdettu kynnsarvot (TV) ja hälytysrajat (AV). TV-arvot toimivat varoitustasona, mutta mikäli AV ylittyy, oletuksena on, että kaivoksen käyttäjä ryhtyy välittömiin korjaustoimiin, koska on olemassa vaara merkittävistä vaikutuksista vesiympäristössä. Nykytilanteessa valituilla muuttujilla on havaittu perustilan vedenlaatutiedoissa vain harvoin raja-arvojen ylityksiä, eikä vedenlaatutietojen analysoinnissa tunnistettu yhtään AV-rajojen ylitystä havaituilla mediaanipitoisuuksilla.

Pohjavesiympäristöä nykyisellä Rautuvaaran rikastushiekka-alueella on seurattu hyvin rajallisesti. Osana tähän selvitykseen liittyviä tutkimuksia on suunniteltu ja luotu monitasoinen seurantaverkosto, ja se on tarjonnut suurimman osan tiedosta nykyisten pohjavesiolosuhteiden määrittämiseksi.

Maaperägeologiaa ja hydrologiaa tutkii parhaillaan tarkemmin Helsingin yliopisto. Hannukaisessa on vakiintuneempi pohjaveden tarkkailuverkosto, joka koostuu sekä matalista havaintoputkista maaperän sedimenteissä että monitasopietsometreistä, huokospainemittareista, jotka on asennettu sekä maaperään että kallioperään. Pohjavesitutkimukset alkoivat Hannukaisessa marraskuussa 2007 ja säännöllisiä vedenkorkeusmittauksia on tehty kesäkuusta 2011 lähtien.

Seuranta osoittaa, että pohjaveden pinta on yleensä 0 - 25 m maanpinnan alapuolella (mpa) kaikkialla hankealueella, yleisesti ottaen topografian mukaisesti, ja paikallinen pohjavesijärjestelmä purkaa vettä kosteikkoihin ja jokiin, mikä tukee perusvirtaamaa näissä joissa.

Kaivospaikan tietoja käytettiin numeerisen 3-D pohjavesimallin laadintaan kaivosalueesta. Mallia käytettiin luonnehtimaan hydrogeologisia olosuhteita, mukaan lukien pohjaveden ja pintavesistöjen vuorovaikutukset, sekä arvioimaan Rautuvaaran rikastushiekka-altaiden vesitasetta erilaisissa ilmasto-olosuhteissa.

3 POTENTIAALISTEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Vaikutusarviointi käynnistettiin arvioimalla vaikutuksia rakentamis-, tuotanto- ja sulkemisvaiheiden aikana. Arviointi perustuu yksityiskohtaiseen pohjaveden, geokemiallisten olosuhteiden ja pintaveden mallinnukseen.

3.1 RAKENTAMISVAIHE

Paikalliseen jokiverkostoon ei ole suunniteltu päästettävän mitään vesiä nykyisten louhosten kuivatuksen aikana, ja siksi esikuivatuksesta ei arvioida aiheuttavan mitään vaikutuksia vedenlaatuun ja virtaamaan.

Rautuvaaran rikastushiekan käsittelylaitoksen rakennusvaiheen aikana kaivetaan virtaamansuunnan muuttamiseksi uusia kanavia, saneerataan veden patoamisrakenteita rikastushiekka-alueen pohjoispuolella, rakennetaan uusi patorakenne rikastushiekka-alueen eteläpuolelle ja muita kaivospaikan rakenteita, kuten selkeytysallas Hannukaiseen, sekä putki rikastushiekan käsittelyalueelta Muonionjokeen. Mikäli rakennustyöt toteutetaan parhaiden käytäntöjen mukaisesti, mukaan lukien tehokas sedimenttien valvonta ja ympäristönhallintasuunnitelman toimeenpaneminen, voidaan odottaa, etteivät vaikutukset paikallisten jokien vedenlaatuun ole merkittäviä.

3.2 TUOTANTOVAIHE

Kaiken kaikkiaan Hannukaisen hankkeen vaikutukset veden virtaamaan kaivosrakenteista alavirtaan sijaitsevien tärkeimpien jokien (eli Äkäsjoen, Kuerjoen ja Valkeajoen) kannalta ovat kaikissa joissa rajalliset. Jokien virtaamat alenevat hieman (<5 % keskimääräisenä vuotena), mikä johtuu perusvirtaaman vähenemisestä ja jokien valuma-alueiden pienenemisestä. Kuitenkin hydrauliset laskelmat osoittivat, että näistä muutoksista seuraa vain vähäistä muutosta jokiuomien vesialueessa, joka on vesiorganismien ylläpitämisen kannalta tärkeä.

Kaivoksen tuotantovaiheen aikana Rautuvaaran rikastushiekka-alueen eteläaltaasta ei tule mitään kontrolloimattomia pintavesipäästöjä Niesajokeen, sillä vesi pumpataan suoraan eteläaltaasta Muonionjokeen. Niinpä on mahdollista, että virtaama alenee tuntuvasti Niesajoen yläosissa. Heti Rautuvaaran rikastushiekka-alueen alapuolella virtaama voi olla lähellä nollaa talvikuukausien aikana (joulukuusta huhtikuuhun), ja vain hyvin pienet määrät pintavalumaa tukevat pohjaveden ruokkimaa perusvirtausta joissa. Kuitenkin Niesajoen virtaamaa on mahdollista kasvattaa eteläaltaan vedellä (mikäli se osoittautuu riittävän hyvälaatuiseksi), ja pintaveden virtauksen vähenemisestä Rautuvaaran rikastushiekka-alueelta Niesajokeen pitäisi seurata Niesajoen vedenlaadun selvä paraneminen.

Pohjavesimallinnusta ja geokemiallista mallinnusta käytettiin ennustamaan kaivoksen infrastruktuureista suotavan veden laatua ja siirtymistä paikalliseen pohjavesijärjestelmään, rikastushiekka-altaille ja lähistön jokiin. Häviävän pieniä tai olemattomia vaikutuksia vedenlaatuun ennustetaan Valkeajoen ja Kuerjoen osalta kaivoksen toiminta-aikana. Ennusteet Äkäsjokeen viittaavat, ettei hälytysrajoja ylitetä keskeisten muuttujien osalta kaivoksen toiminta-aikana. Minkään keskeisten muuttujien osalta pitoisuuksien ei ennakoita nousevan >16 % perustilan yläpuolelle kevään sulamiskaudella kloridia lukuun ottamatta. Talvikuukausina ennustetaan hälytysrajojen ylittymiä kadmiumin, kromin, elohopean ja uraanin osalta.

Kylmäojan mallinnuksen tulokset viittaavat merkityksettömiin muutoksiin vedenlaadussa keskeisten muuttujien osalta kaivoksen tuotantovaiheen aikana.

Kaivoksen toiminnan aikana Niesajoen vedenlaadun ennustetaan paranevan perustilasta, koska valvomatonta valuma nykyisestä Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta lakkaa, ja ylimääräinen vesi uudesta rikastushiekan käsittelyjärjestelmästä ajetaan hallitusti putkea pitkin Muonionjokeen.

Toiminnan aikana käsitelty kaivosvesi johdetaan TMF-altaasta Muonionjokeen putkea pitkin. Tämä juoksutus käsittää alle 1 % joen kokonaisvirtaamasta, jopa talvikuukausina, eikä sillä ennusteta olevan merkittävää vaikutusta joen virtaamaan.

Mallinnukset viittaavat siihen, että laskukohdan alapuolella Muonionjoessa on sekoittumisvyöhyke, jossa on riski hälytysrajojen ylittymisestä keskeisten muuttujien osalta. Tarvitaan jatkomallinnuksia, kenttätutkimuksia ja keskusteluja viranomaisten kanssa, jotta sekoittumisvyöhyke purkuputken suun alapuolella voidaan määritellä paremmin. Noin 1 – 2 km purkupaikan alapuolella jäteveden ennustetaan sekoittuneen täysin jokiveteen. Tässä vaiheessa mallinnus ennustaa, etteivät hälytysrajat ylity Muonionjoessa. Kuitenkin hälytysrajojen ylittymistä kadmiumin, kobolttin, kuparin, molybdeenin, nikkelin ja uraanin osalta ennustetaan tapahtuvan kaivoksen elinkaaren loppuvaiheessa. Useimpien muuttujien osalta vaikutukset ovat suurimmat talvikuukausina, kun joen virtaama on alimmillaan.

On olemassa joukko vaihtoehtoja tilanteen helpottamiseksi, mukaan lukien parannukset esitettyyn vedenkäsittelyyn ja kaivosalueen vesienhallintasuunnitelman optimointiin talvijuoksutusten vähentämiseksi Muonionjokeen. Lisäksi ANZECC-metodilla (jonka pohjalta laaditaan vedenlaatuavoitteet, WQO) on rajoituksensa Muonionjoen kaltaisissa hyvälaatuisissa joissa. Kynnysarvot TV määritellään tilastollisesti vedenlaadun perustilasta, ja sellaisissa joissa, joiden perustilan pitoisuudet ovat hyvin alhaisia, TV-arvojen ylitykset kertovat muutoksesta perustilaan verrattuna, mutta ne eivät välttämättä kerro, mitkä ovat vesiorganismeille potentiaalisesti aiheutuvat haittavaikutukset. Muonionjoessa monet kynnysarvot TV ovat selvästi alhaisemmat kuin hälytysrajat AV.

3.3 SULKEMISVAIHE

Kaivostoiminnan päättyessä avolouhosten annetaan täyttyä ja muodostaa louhosjärvet, ja sivuvivikasat peitetään. Rautuvaaran rikastushiekka-altaan sulkemissuunnitelma ei ole täysin valmis, mikä aiheuttaa epävarmuutta ennustettaessa rikastushiekka-alueen ja joen alajuoksun vedenlaatua kaivoksen sulkemisen jälkeen. Kuitenkin oletetaan, että maan pinnalla avoimena oleva korkearikkinen rikastushiekka peitetään ja valuma rikkipitoisesta rikastushiekasta loppuu, samoin kuin veden johtaminen Hannukaisen TMF:n eteläaltaaseen. Eteläaltaan ylimääräisen veden sallitaan virrata Niesajokeen, ja Muonionjokeen vievä putki poistetaan käytöstä.

Ennusteen mukaan sekä Hannukaisen että Kuervitikon louhoslampien vedenpinta saattaa nousta Äkäsjoen ja Kuerjoen pinnantason yläpuolelle, kun ne ovat palanneet täysin ennalleen. Vaikutus ennustettuun joen virtaamaan on olematon. Laskelmat viittaavat siihen, että kun vettä ensimmäisen kerran valuu täydestä louhoslammesta jokiin, kynnysarvojen TV ennustetaan ylittävän useiden keskeisten muuttujien osalta. Kuparin ennustetaan ylittävän hälytysrajan AV joissakin virtausolosuhteissa. Vakaan tilanteen ennusteissa ilmenee mahdollisia AV-arvojen ylityksiä, ja TV-arvojen ylityksiä useimpien keskeisten muuttujien

osalta. Vedenlaatua voidaan tuntuvasti parantaa lisäämällä alkalista kiveä (kalkkikiveä, CaCO_3) happoa muodostaviin sivukivikasoihin ja/tai lisäämällä alkalista maanparannusainetta (kuten kalkkia, CaO) Kuervitikon louhoslampeen alkuperäisen huonon vedenlaadun korjaamiseksi.

Kaivoksen sulkemisen myötä suotautuminen rikastushiekasta rikastushiekka-altaisiin ja paikallisiin jokiin jatkuu. Oletetaan että vedenlaatua eteläaltaassa seurataan ja vettä käsitellään, kunnes se on riittävän hyvälaatuista juoksutettavaksi suoraan Niesajokeen ilman käsittelyä, kuten nykyisessä järjestelyssä. Siinä vaiheessa virtaaman Niesajoessa voitaisiin olettaa palanneen lähelle nykytilannetta. Niesajoen veden laadun ennustetaan huononevan tämän päästön myötä, ja TV-arvojen ylittyvän useiden muuttujien osalta, ja AV-arvojen saattavan ylittyä Niesajoessa kuparin osalta.

Suotovesilaskelmat viittaavat siihen, että useiden muuttujien osalta sulkemisen jälkeiset pitoisuudet Kylmäojassa ovat alhaisempia kuin perustilan olosuhteissa. Kuitenkin joidenkin muuttujien (pääasiassa metallien) osalta pitoisuuksien ennustetaan nousevan sulkemisen jälkeen perustilaan verrattuna.

Kaiken kaikkiaan Hannukaisen kaivoksen ja Rautuvaaran rikastushiekka-alueen sulkemisen osalta on tunnistettu joukko mahdollisia vedenlaatukysymyksiä. Tässä vaiheessa on tehty joukko konservatiivisia oletuksia vedenlaatuennusteiden suhteen, jotka perustuvat tällä hetkellä käytössä oleviin tietoihin ja nykyiseen kaivoksen sulkemissuunnitelmaan. Käytettävissä on joukko vaihtoehtoja, joiden voidaan olettaa parantavan vedenlaatua (esim. alkalisen aineksen lisääminen sivukivien läjitysalueille ja louhoslampiin, Rautuvaaran rikastushiekka-altaan tai Hannukaisen louhosvesien käsittelyn jatkaminen kaivoksen sulkemisen jälkeen); tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta, jotta näiden vaihtoehtojen vaikutukset voidaan arvioida.

4 SUOSITUKSET

Tutkimusraportissa esitetään joukko suosituksia. Keskeiset suositukset on esitetty alla.

Pintaveden virtaaman ja vedenkorkeuden, sekä pohjaveden korkeuden ja vedenlaadun seurannan tulee jatkua. Raportissa esitetään suosituksia nykyisen seurantaohjelman parantamiseksi.

Vaaditaan lisää mallinnuksia ja paikan päällä tehtävää tutkimusta liittyen Muonionjokeen esitettyyn purkuputkeen, mukaan lukien lisää virtaamatutkimuksia, kenttätutkimuksia laimenemisesta ja tarkistettuja vedenpurkautumismallinnuksia. Viranomaisten kanssa tulisi käynnistää keskustelut purkuputken alapuolella olevia sekoittumisvyöhykkeitä koskevista vaatimuksista.

Kaivospaikan vesienhallintasuunnitelman tarkistamista suositellaan sen arvioimiseksi, voidaanko juoksutusta Hannukaisen kaivoksesta eteläaltaaseen vähentää ja/tai voitaisiinko talviajan päästöjä Muonionjokeen vähentää varastoimalla jätevettä talvella paikan päällä.

Lisätutkimuksia louhosten vedenlaadusta suositellaan, varsinkin tutkimuksia siitä, olisiko mahdollista neutraloida sivukivien läjitysalueelta tulevaa valumaa ja vaikuttaa louhosten vedenlaatuun kalkkia tai kalkkikiveä lisäämällä. Tarkempaa louhosvesimallinnusta

suositellaan myös sen selvittämiseksi, voisiko vesien kerrostuminen parantaa pintakerroksen veden laatua louhoksessa, mikä vähentäisi muiden lievennysvaihtoehtojen tarvetta.

Lopuksi suositellaan mahdollisten passiivisten ja aktiivisten käsittelyvaihtoehtojen selvittämistä Rautuvaaran rikastushiekka–alueen sulkemisen varalta, jotta sulkemisen jälkeisiä potentiaalisia haittavaikutuksia voitaisiin vähentää parhaalla mahdollisella tavalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tavoitteet	6
1.2	Taustaa	6
1.2.1	Vaiheen 1 tutkimus	7
1.2.2	Vaiheen 2 tutkimus	8
1.3	Toimijat.....	9
1.4	Hankealueen kuvaus	10
1.4.1	Sijainti.....	10
1.4.2	Maasto.....	10
1.4.3	Ilmasto.....	10
1.4.4	Hydrologia	10
1.4.5	Geologia	13
1.4.6	Aikaisempi kaivostoiminta	13
1.5	Raportin rakenne	18
2	PUITTEET.....	19
2.1	Lainsäädännölliset puitteet.....	19
2.1.1	Pintavesien luokittelu	20
2.1.2	Pohjaveden luokittelu	21
2.1.3	ESIA.....	22
2.2	Luvat	22
2.2.1	Hannukainen	22
2.2.2	Rautuvaara.....	23
3	LÄHESTYMISTAPA	24
3.1	HIA-lähestymistapa.....	24
3.2	Vedenlaatutavoitteet	25
3.2.1	Metodologia	26
3.2.2	Vertailu vaiheen 1 tutkimuksen vedenlaatutavoitteisiin	29
3.3	Keskeiset oletukset ja rajoitukset	30
4	EHDOTETUT TOIMET JA RAJAUSARVIOINTI	32
4.1	Pintavesi.....	34
4.2	Pohjavesi.....	42
5	LÄHESTYMISTAPA NYKYTILANTEEN ARVIOINTIIN.....	46
5.1	Ilmasto.....	46
5.1.1	Tietolähteet.....	46
5.2	Pintavesi.....	52
5.2.1	Tietolähteet.....	52
5.2.2	Metodologia	58
5.3	Pohjavesi.....	63

5.3.1	Tietolähteet.....	63
5.3.2	Metodologia.....	73
6	NYKYTILAN SELVITYS	75
6.1	Ilmasto.....	75
6.1.1	Pohjaveden varastoituminen	76
6.2	Geologia.....	78
6.2.1	Kallioperä	78
6.2.2	Maaperä	81
6.2.3	Rakennegeologia.....	85
6.3	Pintavedet	87
6.3.1	Äkäsjoki	87
6.3.2	Kuerjoki	95
6.3.3	Valkeajoki	99
6.3.4	Niesajoki.....	105
6.3.5	Kylmäoja.....	128
6.3.6	Muonionjoki	135
6.3.7	Muut purot ja ojat	140
6.3.8	Kosteikot ja lähteet.....	141
6.3.9	Nykyiset louhosjärvet	144
6.3.10	Pintavesien käyttö.....	151
6.4	Pohjavesi.....	151
6.4.1	Hannukainen	151
6.4.2	Rautuvaara.....	171
6.4.3	Pohjaveden käyttö	194
6.4.4	Käsitteellinen hydrogeologinen malli.....	196
7	HANKEKUVAUS	200
7.1	Alueen pohjapiirustus.....	200
7.1.1	Avolouhokset	200
7.1.2	Sivukivien läjitysalueet (WRDs).....	203
7.1.3	Selkeytysallas (CP).....	203
7.1.4	Rikastushiekka-allas	203
7.1.5	Muonionjoen purkupaikka	206
7.2	Hankealueen vesitase.....	208
7.2.1	Kaivosalueen valuma-alueet	208
7.2.2	Muonionjoki	208
8	VAIKUTUSTEN ARVIOINNISSA KÄYTETTY LÄHESTYMISTAPA	210
8.1	Vaikutusten arviointimenetelmät.....	210
8.1.1	Numeerinen pohjavesimallinnus	211
8.1.2	Pintaveden virtaamamallinnus.....	216

8.1.3 Hannukaisen hankealueen geokemiallinen mallinnus	221
9 VAIKUTUSTEN ARVIOINTI	227
9.1 Äkäsjoki	227
9.2 Kuerjoki	240
9.3 Valkeajoki	250
9.4 Niesajoki	253
9.5 Kylmäoja	275
9.6 Muonionjoki	282
9.7 Louhosjärvet	312
9.8 Rautuvaaran selkeytysaltaat	321
9.9 Suoalueet ja lähteet	327
9.9.1 Louhosten tyhjentämisen laajuus	327
9.9.2 Lähteet	332
9.9.3 Luokittelemattomat suoalueet	332
9.9.4 Saivojärven kosteikko	333
9.10 Luokitellut akviferit	334
10 VAIKUTUSTEN HALLINTA	340
10.1 Valvonta	340
11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	349
11.1 Keskeiset havainnot	349
11.1.1 Kaivostoiminnan vaihe	350
11.1.2 Sulkemisen jälkeen	351
11.2 Suositukset	353
12 LÄHDELUETTELO	357

Lyhenteitä

Lyhenne	Merkitys
°C	Celsiusaste
%	Prosentti
<	Vähemmän kuin
>	Enemmän kuin
2D	Kaksiulotteinen
ADCP	ADCP-virtausmittari
ANZECC	Australian ja Uuden-Seelannin ympäristönsuojeluneuvosto
AV	Hälytysraja
C	Pitoisuus
CaO	Kalsiumoksidi, kutsutaan yleisesti nimellä kalkki
CCME	Kanadan ympäristölaatuohjeet
cm	Senttimetri
CMA	Valumavesien hallinta-alue
Co	Koboltti
Cu	Kupari
DFS	Kannattavuustutkimus
EC	Sähkönjohtavuus
EPA	Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto
EPD	British Columbian ympäristönsuojelutoimisto
EQS	Ympäristölaatustandardi
ERM	Environmental Resources Management –yhtiö
ESA	Ympäristön tilan arviointi
ESIA	Ympäristö- ja sosiaalisten vaikutusten arviointi
EU	Euroopan unioni
Fe	Rauta
FHT	Muuttuvapainekoe
GMS	Pohjavesimallinnus
GPR	Maatutka
GTK	Geologian tutkimuskeskus
GW	Pohjavesi
HDPE	Korkean tiheyden polyetyleni
HIA	Hydrologisten vaikutusten arviointi

High-S	Korkearikkinen
HTC	Kosteuskammiotesti
IN	Pysyvä (sivukivi)
IOCG	Rautamalmi-kupari-kulta
K	Vedenjohtavuuskerroin
Km	Kilometri
km ²	Neliökilometri
L	Litra
L/s	Litraa sekunnissa
LDPE	Matalan tiheyden polyetyleeni
LIMS	LIMS-magneettierotus
LOM	Kaivoksen elinkaari
LVT	Lapin Vesitutkimus Oy
M	Metri
m mol/L	Millimoolia litrassa
m/d	Metriä päivässä
m ²	Neliometri
m ³ /d	Kuutiometriä päivässä
m ³ /s	Kuutiometriä sekunnissa
Masl, mmpy	Metriä merenpinnan yläpuolella
Mbgs, mmpa	Metriä maanpinnan alapuolella
Mg	Milligramma
mg/L	Milligrammaa litrassa
Mm	Millimetri
mm/yr	Millimetriä vuodessa
Mm ³	Miljoona kuutiometriä
mS/m	Millisiemensia metriä kohti
N	Typpi
NAG	NAG-testi (Hapontuottopotentiaalin määrittäminen)
Ni	Nikkeli
NOPEX	Pohjoisen pallonpuoliskon ilmastoprosessien pintatutkimuskokeiluprojekti
OB	Irtomaa, maaperä
OIVA	Ympäristö- ja paikkatietopalvelu
P	Fosfori
PAF	Mahdollisesti happoa tuottava (sivukivi)

pH	pH
PJKSZ	Pajala-Kolarin hierontovyöhyke
Q1	1. neljännes [kalenterivuodesta]
RAU12HYD- (D)	Hydrogeologinen havaintoputki peruskalliossa
RAU12HYD- (S)	Hydrogeologinen havaintoputki irtomaan/maaperän sedimentissä
RKTL	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
RMS	Neliöllinen keskiarvo
RSZ	Rautuvaaran hierontovyöhyke
S	Sekunti
SAC	Erityisten suojelutoimien alue
SMHI	Ruotsin ilmatieteen ja hydrologian laitos
SO ₄	Sulfaatti
SPA	Erityinen suojelualue (<i>lintudirektiivin mukainen</i>)
SW	Pintavesi
SWL	Staattinen vedenpinta
SYKE	Suomen ympäristökeskus
T	Lämpötila
TDS	Liuenneen kiintoaineksen kokonaismäärä
TMF	Rikastushiekan käsittelyjärjestelmä, rikastushiekka-alue
TOC	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä
TSS	Suspendoituneen kiintoaineksen kokonaismäärä
TV	Kynnysarvo
µg/L	Mikrogrammaa litrassa
WFD	EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi
WQO	Vedenlaatutavoite
WRD	Sivukiven läjitysalue

Terminologiaa

Akvitardi: Salpaava kerros, joka läpäisee vettä selvästi huonommin kuin akviferi.

Purkautumistesti: Havaintoputkeen ruiskutetaan vettä vakiopaineella, niin että voidaan mitata, mikä määrä vettä purkautuu havaintoputkesta tiettyä aikaa. Toistetaan eri syvyyksillä alaspäin havaintoputkessa.

Kemokliini: Vesistössä oleva kerros, joka muodostuu voimakkaasta kemiallisen tiheyden alenemisesta, joka johtaa selkeään kerrostumiseen.

Paineellinen akviferi: Salpavesi, jonka yläpinta rajoittuu selvästi huonommin läpäisevään kerrokseen kuin akviferi, ja jossa pohjaveden pinta on rajoittavan kerroksen alareunan yläpuolella. Salpavesi on kokonaan saturoitunut.

Vakiotasoraja: Mallissa pohjaveden vakiotasolle määriteltävä raja.

Eutrofinen: Rehevöitynyt. Käytetään kuvaamaan järveä, lampea tai jokea, jossa runsaasti mineraalisia ja orgaanisia ravinteita, jotka lisäävät kasvustoa, erityisesti leviä, mikä vähentää liukenevan hapen määrää ja johtaa usein muiden eliöiden häviämiseen.

Eutrofioituminen: Rehevöityminen. Prosessi, jonka myötä järvestä, lammesta tai joesta tulee eutrofinen, yleensä mineraalien tai orgaanisen aineksen valuessa ympäröivältä maalta. Rehevöitymiseen liittyvä kasvien ja levien lisääntyvä kasvu vähentää veteen liunneen hapen määrää ja johtaa usein muiden eliöiden kuolemaan.

Muuttuvapainekoe: Ellei slug-testiä ole mahdollista tehdä, esimerkiksi jos veden pinta on liian syvällä, voidaan havaintoputkeen kaataa tietty määrä vettä ja suorittaa muuttuvapainekoe.

Hydraulinen johtavuus (K): Veden virtaama akviferin pinta-alayksikön läpi vesivieton yksikössä. Hydraulisen johtavuuden arvot ilmaistaan kuutiometreinä päivässä akviferin neliometrillä, jonka vesivietto on 1, esimerkiksi m³/m²/päivä tai m/päivä.

Läpivuotava akviferi: Akviferi, jonka yläpuolella on akvitardi, jossa pohjavettä virtaa, kuitenkin pienemmällä virtaamalla kuin akviferissa. Kun akviferia pumpataan, siihen voi valua pohjavettä yläpuolella olevasta akvitardista, ja täyttää akviferin vesivarastoa.

Limnologia: Makean veden, erityisesti järvien ja lampien, elämän ja ilmiöiden tieteellinen tutkiminen.

Meromiktia: Kuvaa vaihtumista meromiktisessa järvessä, jossa vedet eivät sekoitu, eli järvi on kerrostunut.

Oligotrofinen: Käytetään kuvaamaan järveä, lampea tai jokea, josta puuttuu kasviravinteita, kuten fosfaatteja, nitraatteja ja orgaanista ainesta, ja jossa siksi on vähän kasveja ja runsaasti liuennutta happea kaikkialla.

Tunkeutumismoisuus: Aika, joka tarvitaan tietyn mittaisen kairausreiän poraamiseen.

Huokospainemittari, pietsometri: Halkaisijaltaan pieni havaintoputki, jolla mitataan pohjaveden pintaa akviferissa tietyin väliajoin.

Pohjavedenpinta, pietsometrinen pinta: Pohjaveden taso, jolla huokospaine vastaa ilmanpainetta, eli veden pinta rajoittamattomissa oloissa ja teoreettinen pinta salpavedessä.

Slug-testi: Vedenpinnan nousu havaintoputkessa, kun sinne tuodaan kiinteä tanko (slug) staattisen vedenpinnan alapuolelle. Tiedonkirjaajan avulla seurataan vedenpinnan alenemaa (tätä kutsutaan myös muuttuvapainetestiksi). Kun vedenpinta on palannut tasolle 95 % alkuperäisestä staattisesta vedenpinnan tasosta, tanko poistetaan, jolloin vedenpinta laskee, minkä jälkeen seurataan, miten vedenpinta nousee (tunnetaan myös muuttuvapainekokeena).

Lähde-kulkeutumistie-vastaanottajamalli: Tätä mallia käytetään riskinarviointivälineenä selvittämään saastumisen lähde, se, mihin lähde voi vaikuttaa (**vastaanottaja**) ja millä tavalla lähde kulkeutuu vastaanottajaan (**kulkeutumistie**). Kaikkien kolmen osan on oltava mukana, jotta saastuminen voi olla mahdollista.

Ominaisantoisuus (S_y): Vesimäärä, jonka rajoittamaton akviferi päästää akviferin pinta-alayksikköä ja vedenpinnan laskuysikköä kohti, tunnetaan myös nimellä tehollinen huokoisuus (%).

Ominaispidättyvyys (S_s): Se vesimäärä, joka purkautuu rajoitetun akviferin (tai akvitardin) pinta-alayksikköä ja nestepinnan korkeuden yksikkölaskua kohti veden vapautuessa elastisesta varastosta. Arvot ilmaistaan muodossa pituus^{-1} .

Varastointikerroin (S): Se vesimäärä, jonka akviferi vapauttaa tai pidättää akviferin pinta-alayksikköä ja vedenpinnan muutosyksikköä kohti. Arvot ovat dimensiottomia.

Pintaveden valuma-alue: Koko alue, jolta vesi valuu tiettyyn jokeen.

Vapaa akviferi: Akviferi, pohjavesiesiintymä, joka ei ole täysin kyllästynyt sen päällä olevaan kerrokseen, ja jossa vedenpinta on alttiina ilmakehälle.

Kyllästymätön vyöhyke: Maanpinnan ja vedenpinnan välillä oleva vyöhyke, jossa huokostila ei ole kokonaan täyttynyt vedellä.

Virhe. Tuntematon asiakirjan ominaisuuden nimi.

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet

SRK Consulting (UK) Limited ("SRK") on kansainvälisen SRK Consulting (Global) Limited ("SRK Group") -konsernin hallintayhtiön kumppaniyhtiö. Northland Mines Oy ("Northland", johon myöhemmin viitataan myös nimillä "yhtiö" tai "asiakas") on pyytänyt SRK:ta arvioimaan suunnitellun, Suomessa sijaitsevan Hannukaisen rautamalmin kupari-kulta-hankkeen ("Hannukaisen hanke"), ja hankkeeseen liittyvän Rautuvaaran rikastushiekan käsittelylaitoksen (TMF), mahdolliset hydrologiset vaikutukset.

Tämän hydrologisten vaikutusten arvioinnin tärkeimmät tavoitteet ovat:

- Kuvata vesivarojen nykyinen tila;
- Arvioida esitetyn Hannukaisessa ja Rautavaarassa toteutettavan kaivostoiminnan potentiaaliset vaikutukset ympäröiviin pohjavesi- ja pintavesivaroihin, mukaan lukien;
 - o Rakentamis-, tuotanto- ja sulkemisvaiheet;
 - o Vaikutukset pohjavesijärjestelmään;
 - o Vaikutukset pintavesien hydrologiaan;
 - o Vaikutukset vedenlaatuun;
 - o Vaikutukset muihin veden käyttäjiin; sekä
- Antaa tietoa ympäristövaikutusten ja sosiaalisten vaikutusten arviointia (ESIA) varten.

Tämä HIA on erillinen asiakirja, jota Ramboll käyttää suomalaisen ESIA:n asiaankuuluvien osien kirjoittamisessa. Rambollin asiakirjassa käsitellään pintavesiympäristön muutosten potentiaalista vaikutusta paikalliseen ekologiaan. Mahdolliset vaikutukset jokiekologiaan eivät kuulu tämän HIA:n piiriin. ERM käyttää Hannukaisen HIA-selvitystä ja suomalaista ESIA-selvitystä lopullista kannattavuustutkimusta valmisteltaessa. Hannukaisen hankkeessa mukana olevat osapuolet on kuvattu tarkemmin luvussa 1.3.

1.2 Taustaa

Hannukaisen alueella on pitkä kaivostoiminnan historia. Kaivostoimintaa oli Hannukaisessa viimeksi vuosina 1975–1996. Northland haki valtauksen alueelle vuonna 2005 ja sai malminetsinnän valmiiksi vuonna 2008 (Pöyry, 2010).

Malminetsinnän ja kaivostoiminnan Rautuvaarassa aloitti ensimmäisenä Otanmäki Oy vuonna 1962, ja jatkoi sitä vuoteen 1999, jolloin laitoksen sopimus päättyi. Alueelle on läjitetty erityyppistä rikastehiekkaa rautamalmista rauta-kupariin ja kupari-kultaan (GTK, 2010a). Yksityiskohtaisemmin näistä kerrotaan luvussa 1.4.6.

1.2.1 Vaiheen 1 tutkimus

Vuonna 2008 Northland teki sopimukset luvussa 1.3 nimettyjen konsulttien kanssa toteutettavuustutkimuksen (DFS) ja ympäristövaikutusten ja sosiaalisten vaikutusten arvioinnin (ESIA) laatimiseksi Hannukaisen hankkeelle. ESIA:een sisältyi esitetyn Hannukaisen kaivoksen ja siihen liittyvien infrastruktuurien hydrologisten vaikutusten arviointi (HIA), jonka toteutti SRK. Tuohon HIA-tutkimukseen viitataan tässä asiakirjassa nimellä 'Vaiheen 1' Hannukaisen HIA.

Vaiheen 1 Hannukaisen HIA:een (SRK, 2012a) sisältyivät:

- Hannukaisen nykyisen vesivarojen tilan kuvaus sekä veden määrän että veden laadun osalta, mukaan lukien:
 - o Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki, Niesajoki ja Muonionjoki;
 - o Luokitellut akviferit, pohjavesiesiintymät Hannukaisen kaivospaikan lähistöllä;
 - o Muut mahdolliset vastaanottajat Hannukaisen kaivospaikan lähistöllä, esim. pohjaveden käyttäjät, luonnonsuojelualueet, kosteikot ja lähteet;
- Arviointi suunnitellun vaiheen 1 infrastruktuurien mahdollisista vaikutuksista ympäröiville pohjavesi- ja pintavesivaroille seuraavilla tavoilla:
 - o Numeerinen pohjavesimallinnus;
 - o Geokemiallinen mallinnus;
 - o Pintaveden saantoanalyysi;
 - o Vedenlaatuennusteet; sekä
- Hannukaisen HIA-raportin laatiminen, jossa kerrottiin yksityiskohtaisesti aineistot, menetelmät ja tulokset käytettäväksi Northlandille ja muille hankkeessa mukana oleville konsulteille.

Hannukaisen vaiheen 1 HIA-tutkimuksessa ei käsitelty rikastushiekan läjitystä Rautuvaaraan, vaan vaiheen 1 suunniteltu TMF:n paikka oli lähellä Hannukaisen kaivoskompleksia, noin 11 km Rautuvaarasta pohjoiseen (SRK, 2012a). Rautuvaara jätettiin pois vaiheen 1 arvioinnista niiden taloudellisten riskien vuoksi, jotka liittyivät mahdollisesti saastuneen entisen kaivosalueen hankkimiseen (Northland, yksityinen keskustelu).

Hannukaisen vaiheen 1 HIA-tutkimus (SRK, 2012a) identifioi rajoitettuja vaikutuksia lähellä sijaitseville Äkäsjokeen ja Kuerjoelle. Kuitenkin mahdollisia haitallisia vaikutuksia Valkeajokeen, joka on äärimmäisen uhanalaisen meritaimenen (*Salmo truter*) kutualueutta, sekä Niesajokeen ennustettiin seuraavasti:

- Keskimääräisen kuukausittaisen virtaaman Valkeajoessa ennustettiin vähenevän jopa 12 % talvikuukausina seurauksena joen valuma-alueelta tulevan veden vähenemisestä, minkä aiheuttaa Hannukaisen 1 vaiheen TMF:n alle rakennettava pohjarakenne ja TMF:een liittyvä vesienhallintajärjestelmä;

- TMF:stä ja sivukivikasoista (WRD) tulevat suotovedet saattoivat lisätä tiettyjen muuttujien pitoisuuksia (nitraatti, kadmium, kromi, elohopea ja uraani) vedenlaatutavoitteiden (WQO) varoarvoja (AV) korkeammiksi Valkeajoen sekä kaivoksen toiminta-aikana että sen sulkemisen jälkeen;
- Ennustettiin, että talven keskimääräiset kuukausivirtaamat Niesajoen kasvaisivat yli 100 % käsitellyn kaivosvesien purkamisen vuoksi;
Joidenkin muuttujien osalta rikastushiekka-alueen jätevesi ylitti WQO:t Niesajoen, ja päästöt johtivat tuntuvaan nousuun tiettyjen muuttujien pitoisuuksissa (rauta, elohopea, nikkeli, sulfaatti ja uraani) Niesajoen niin, että pitoisuudet ylittivät hälytysrajat; ja
- Vedenlaatu louhoslammissa heikkeni laitoksen sulkemisen jälkeen, kun avolouhokset täyttyivät vedellä louhoksen seinämien happoa tuottavan aineksen reaktioiden takia. Louhoslampien vedenlaatu parani, kun louhokset olivat täyttyneet kokonaan vedellä ja tuo aines jäi veden peittoon.

1.2.2 Vaiheen 2 tutkimus

Vaiheen 1 tutkimuksessa identifioidun potentiaalisten negatiivisten vaikutusten vuoksi rikastushiekan sijoittamista Rautuvaaraan arvioitiin uudelleen vaihtoehtona rikastushiekan sijoittamiselle Hannukaisen kaivosalueelle. Tätä HIA:n jatkotutkimusta kutsutaan nimellä 'Vaihe 2'.

Vaiheen 2 tutkimus sisältää:

- HIA-selvityksen Rautuvaarassa sekä Hannukaisen 1 vaiheen tutkimuksen päivittämisen, kuten edellä kappaleessa 1.1. selostettiin. Nämä kaksi tutkimusta on yhdistetty tässä raportissa yhdeksi HIA-asiakirjaksi suunniteltua vaiheen 2 hanketta varten; sekä
- Parannuksia Hannukaisen DFS-asiakirjaan. Lukijaa pyydetään katsomaan tarkemmat yksityiskohdat DFS-asiakirjasta (SRK 2012c).

Hannukaisen vaiheen 1 HIA-tutkimuksen aikana SRK teki arvion Hannukaisen hankkeen louhoksen vesienhallinnan vaatimuksista (SRK, 2011) ja siihen liittyvistä vaikutuksista (SRK, 2012a). Nuo tutkimukset edellyttivät konseptuaalista ja numeerista pohjavesivirtausmallinnusta alun perin suunnitellulle paikalle. SRK on laajentanut tätä työtä vaiheen 2 HIA:a varten kattamaan myös esitetyn uuden rikastushiekka-alueen Rautuvaarassa. Tuloksena olevaa ennakoivaa pohjavesimallia on käytetty hydrologisen ja geokemiallisen mallinnuksen taustatietoina ja siten ennustamaan mahdollisia vaikutuksia virtaamaan, vedentasoihin ja laatuun.

Vaiheessa 1 esitettiin, että vesi nykyisestä louhoksesta juoksutettaisiin Äkäsjokeen Laurinojan kautta. Vaiheessa 2 tämä vesi varastoidaan Hannukaisen selkeytysaltaaseen ja sitä käytetään koko alueella rakennusvaiheen aikana, eli vaiheen 2 suunnitelmaan ei sisälly mitään päästöjä Laurinojaan tai Äkäsjokeen.

Vaiheessa 1 kaivosveden ylijäämä käsiteltiin ja laskettiin suoraan Niesajokeen. Niesajoen vedenlaadulle aiheutuvien mahdollisten vaikutusten vuoksi vaiheessa 2 harkitaan vaihtoehtoa, jossa ylimääräinen kaivosvesi (mukaan lukien Rautuvaaran TMF:n vesi) johdettaisiin putkella Muonionjokeen ja Niesajoki ohitettaisiin. Täten vaiheen 2 tutkimukseen sisältyy sekoittumismallinnus, jotta voidaan ennakoida vaikutuksia Muonionjoen veden laatuun.

Vaiheen 2 aikana tehtyyn työhön sisältyy myös päivityksiä ja parannuksia louhoslampien vedenlaatuennusteisiin Hannukaisen ja Kuervitikon louhosten sulkemisvaiheen vedenhallintaa varten. Tähän työhön sisältyi yksityiskohtainen vedenhallintamallinnus sekä arvio vaikutuksista, joita seuraisi louhoslammen täyttymisen vauhdittamisella pumpppaamalla sinne jokivettä.

Mahdollisten vedenlaatuvaikutusten arvioinnissa tukeudutaan vahvasti vertailuun Rambollin kehittämien kaivospaikkaa koskevien WQO:den kanssa. Menetelmä, jolla nämä vedenlaatatavoitteet on laskettu, esitellään luvussa 3.2, jossa esitetään myös näitä WQO:ta koskevat mahdolliset epävarmuudet.

1.3 Toimijat

Tärkeimmät HIA:ssa mukana olevat toimijat ovat SRK ja sen alikonsultti Kaya Consulting Ltd ("Kaya"):

- SRK on saanut Northlandilta toimeksiannon laatia HIA Hannukaiseen. Tutkimusta käyttää Environmental Resources Management ("ERM"), joka on kokoamassa ympäristö- ja sosiaalisten vaikutusten arviointia (ESIA) kannattavuus selvitystä (DFS) varten Northlandin puolesta.
- Kaya sai SRK:lta toimeksiannon ryhtyä arvioimaan Hannukaisen kaivoshankkeen 1 vaiheen vaikutuksia pintaveden määrään (hydrologia) ja laatuun tärkeimmissä vesistöissä, joihin kaivoshanke saattaisi vaikuttaa. He ovat saaneet toimeksiannon täydentää vaiheen 2 tutkimukset. Heidän työnsä sisältyy tähän HIA-raporttiin.

Tärkeimmät Hannukaisessa mukana olevat osapuolet ja yhteenveto heidän rooleistaan ESIA:a ja DFS:ta varten tehdyissä vesitutkimuksissa on lueteltu taulukossa 1.

Taulukko 1-1: Keskeiset toimijat Hannukaisessa

Yhtiö	Rooli hankkeessa
SRK	• Panos DFS:ssa; geologia ja resurssit, geotekniset tutkimukset, vedenhallinta, kaivostutkimukset (mukaan lukien kustannusarviot), sivukivialueiden suunnittelu, louhoslampimallinnus • HIA:n kokoaminen, mukaan lukien numeerinen pohjavesimallinnus, TMF:n ja rikastushiekka-altaan lähdetiedot ja geokemiallinen mallinnus. • 43-101 tekniset katsaukset ja raportit
Kaya	• HIA:n hydrologiset aspektit, mukaan lukien pintaveden perustila, mallinnus ja vaikutusarviointi
ERM	• DFS:n ESIA:n kokoaminen (Rambollin laatiman suomalaisen ESIA:n pohjalta)
Lapin Vesitutkimus Oy ("LVT") Northland/Ambiotica	• Perustilaselvitykset (pintavesi ja pohjavesi)
Nils Eriksson	• SRK:n geokemiallisen mallinnustyön tarkastus
Pöyry	• Koko kaivosalueen vesitase • Kaivospaikan infrastruktuuri; mukaan lukien pintavesien hallinta, kaivosveden käsittely ja rikastushiekkalaitoksen suunnittelu
Ramboll	• Vastaanottavien vesistöjen WQO:den kehittäminen • Suomen ESIA:n kokoaminen • Sulkemissuunnitelma
Helsingin yliopisto	• Kvartäärikerrostutkimus, johon sisältyy maatulkatutkimukset (GPR), stratigrafisten tietojen kirjaus, lämpökuvaus ja hydrologiset tutkimukset

1.4 Hankealueen kuvaus

1.4.1 Sijainti

Hannukaisen hanke sijaitsee Kolarin alueella Suomen Lapissa, noin 100 km napapiiriltä pohjoiseen, 25 km Kolarista pohjoiskoilliseen ja 20 km Ruotsin rajasta (Kuva 1-1). Rautuvaaran rikastushiekka-alue sijaitsee Niesan laaksossa, noin 11 km etelään suunnitelluista Hannukaisen louhoksista.

1.4.2 Maasto

Alueen topografialle ovat ominaisia kumpuilevat maastot, joiden korkeuserot ovat pieniä. Suurinta osaa alueesta peittää jääkauden aikana kerrostunut moreeni ja hiekka, ja vaihteleva turvepeite matalilla alueilla. Mäet ja jotkut laaksot ovat metsän, pääasiassa koivun, männyn ja kuusen peitossa. Turvesuot, suot ja lukuisat matalat järvet peittävät suuren osan alangoista.

1.4.3 Ilmasto

Kolarin alue kuuluu Suomen boreaaliseen havumetsä-sekametsävyöhykkeeseen. Sille on tyypillistä kohtalaiset sateet, kylmät talvet ja viileät kesät.

Keskimääräisen vuotuisen sademäärän Hannukaisessa ja Rautuvaarassa arvioidaan olevan 529 mm (Pöyry, 2012a), luku perustuu vaiheen 1 hydrologisten vaikutusten selvityksessä käytettyihin tietoihin. Suurin osa sateesta tulee heinä-elokuussa (keskimäärin 74 mm/kuukausi ja 71 mm/kuukausi), ja sademäärät ovat alhaisimpia helmi-maaliskuussa (27 mm/kuukausi ja 29 mm/kuukausi).

Vuoden keskilämpötila, joka on mitattu lähimmällä pitkäaikaisella sääasemalla Pajalassa, Ruotsissa, on -0,1 °C. Kuitenkin keskilämpötila talvikuukausina, marraskuusta helmikuuhun, laskee -11,2 °C lukemaan. Marraskuun ja huhtikuun välisenä aikana sade tulee lumena, ja alkaa sulaa toukokuussa. Lumen syvyys talven päättyessä Kolarissa on keskimäärin 75 cm (Pöyry, 2012a).

1.4.4 Hydrologia

Hannukaisen kaivospaikkaa rajaa etelästä Äkäsjoki, lännestä Valkeajoki ja idästä Kuerjoki. Valkeajoki ja Kuerjoki ovat Äkäsjoen sivujokia (Kuva 1-1).

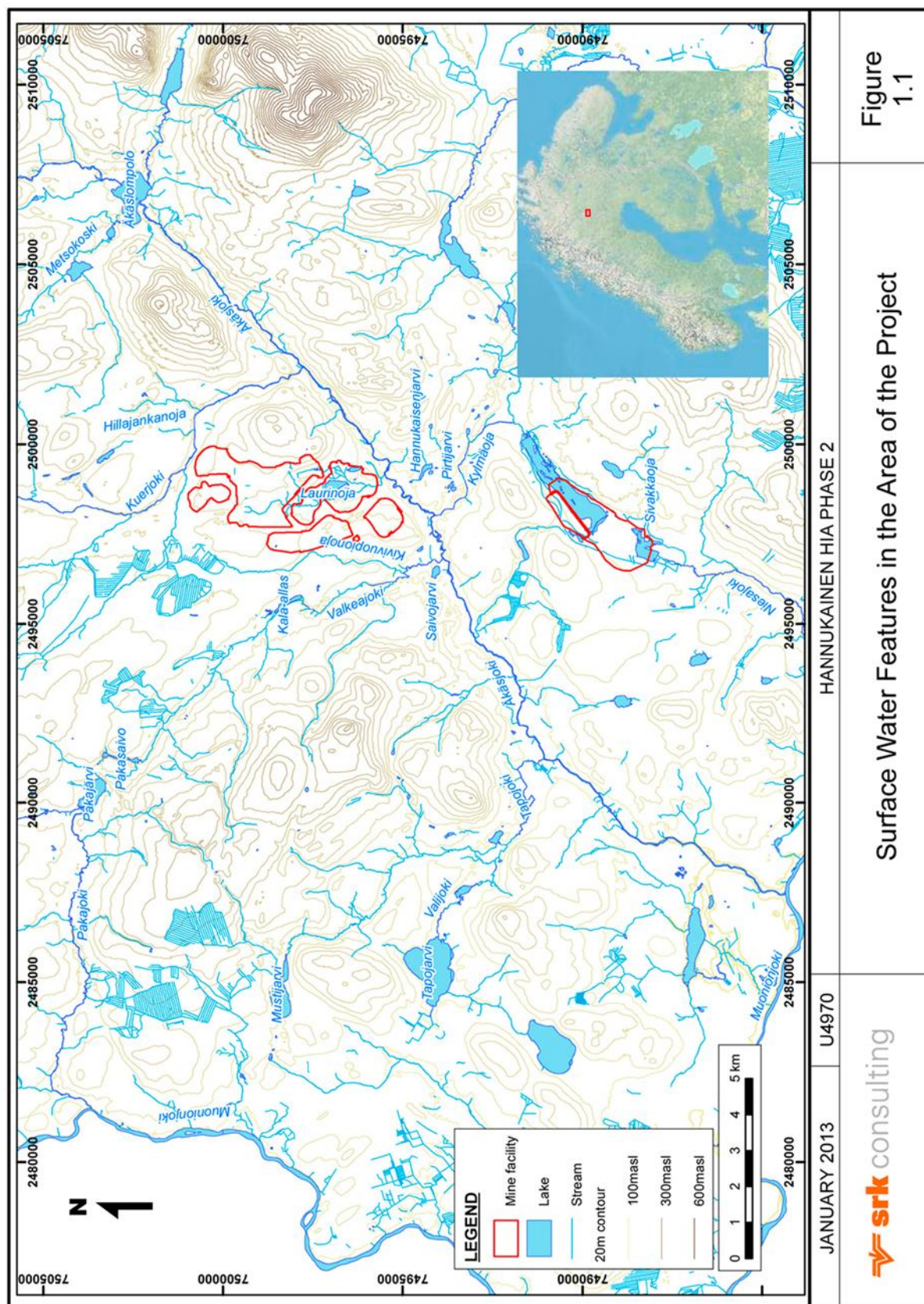
Nykyinen Rautuvaaran TMF sijaitsee Niesajoen laaksossa ja se muodostaa Niesajoen latvavedet. Ennen kuin teollinen toiminta Niesajoen laaksossa alkoi, Niesajoen luontaiset latvavedet olivat kauempana ylävirrassa tuntureilla laakson kaakkoispuolella. Kuitenkin Niesan altaan rakentamisen myötä Niesajoen luontaiset vedet käännettiin ohjautumaan Äkäsjokeen keinotekoisella ojalla (Kylmäoja). Tämä oja on edelleen toiminnassa, ja sen tuloksena jäljellä oleva valuma-alue Niesajoen laaksoon ja sitä myötä Niesajokeen, on pieni, noin 5 km² (Kuva 1-1).

Äkäsjoki ja Niesajoki laskevat Muonionjokeen, joka itse on Tornionjoen sivujoki. Muonionjoki yhtyy Tornionjokeen noin 20 km Kolarin eteläpuolella, ja yhdessä ne muodostavat luonnonrajan Ruotsin ja Suomen välillä.

Muonionjoki, Tornionjoki ja Äkäsjoki tunnetaan tärkeinä kalajokina, joista asukkaat saavat sekä Itämeren lohta että meritaimenta (Puro-Tahvanainen et al. 2001). Kuitenkin kalastotutkimuksessa todetaan, että saatavilla ei ole tietoa siitä, että Niesajoessa olisi meritaimenkantaa. Suomen riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella (RKTL) ei ole sähkökalastuspisteitä Niesajoessa (Ramboll, 2012a). Kaikki tutkitun alueen valuma-alueet sijaitsevat Natura 2000 -suojelualueella.

Saivojärven virkistysmetsä sijaitsee muutamia kilometrejä kaivospaikalta lounaaseen.

Kuva 1-1: Pintaveden ominaisuudet hankealueella



P:\U4784 Rautuvaara HIA\ProjectData\GIS\0. mxd\Figures for reports\Phase 5 FINAL report\Figure 1-1 Local Hydrology_Ph12.mxd

1.4.5 Geologia

Hannukaisen ja Kuervitikon esiintymät, jotka yhdessä muodostavat Hannukaisen hankkeen, ovat Rautuvaaran TMF:n rikastushiekan lähteenä. Ne ovat kaksi useista rautamalmi-kupari-kulta-esiintymistä (IOCG) tällä alueella. Kuitenkin taloudellisesti kannattavia lajitteita on vain pienessä määrässä näistä esiintymistä, ja Hannukaisen ja Kuervitikon esiintymiä uskotaan yksiksi kultapitoisimmista IOCG-esiintymistä Kolarin alueella (Hatch, 2010).

Hannukaisen hanke sijaitsee Fennoskandian kilven alueella, joka on laaja, prekambriinen näkyvässä oleva maankuoren alue, joka peittää suurimman osan Suomesta ja Ruotsista. Kilpeen kuuluu kolme arkeista kratonia (Norrbotten, Karjala ja Kuola), jotka yhdistyivät törmäyksessä varhaisproterotsooisella kaudella (SRK, 2011).

Alueen rakennegeologiaa hallitsee Pajala-Kolarin hiertovyöhyke (PJKSZ), pohjoiskoillisesta etelälounaaseen suuntautuva maankuoren siirtymä/hiertovyöhyke. PJKSZ sijaitsee Norrbottenin ja Karjalan kratonien suuntaisesti ja muodostaa niiden välisen tektonisen yhteyden. Hannukaisessa PJKSZ koostuu useista hierto- ja ylityöntövyöhykkeistä, jotka ulottuvat alueelle yli 250 km pituudelta ja 10 km leveydeltä. Siirrokset PJKSZ:n rakenteissa ovat yleensä tapahtuneet kaakon suuntaan, ja havaittavat kaateet ovat yleensä länteen ja/tai lounaaseen (Holma et al, 2008).

1.4.6 Aikaisempi kaivostoiminta

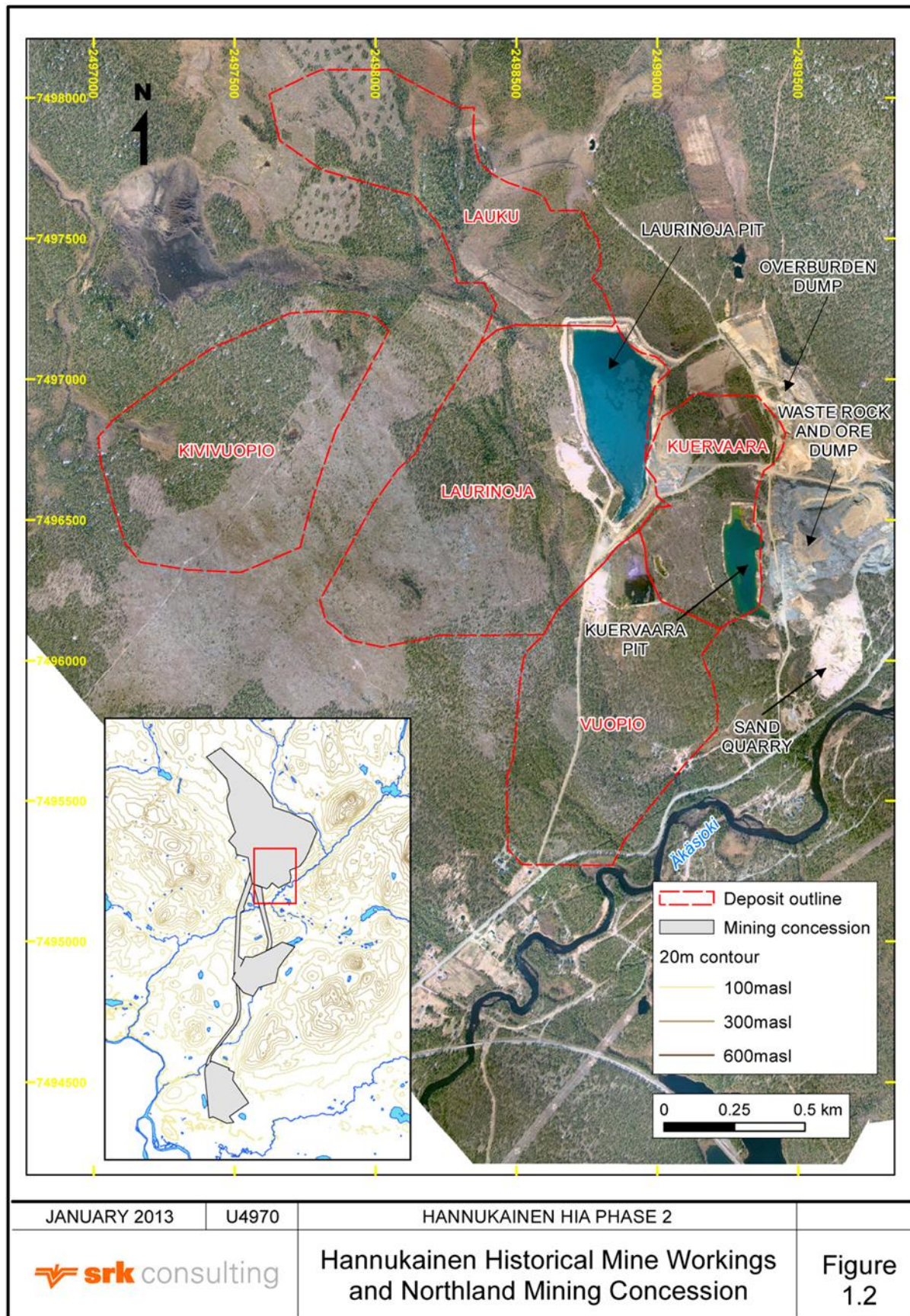
Kaivostoiminta

Tärkeimmät rautamalmiesiintymät Hannukaisen alueella (Laurinoja, Kuervaara, Vuopio, Lauku ja Kivivuopio) olivat Rautaruukki Oy:n hallinnassa vuodesta 1974 vuoteen 1985 ja Outokumpu Oy:n vuodesta 1985 vuoteen 1995. Historiallisen kaivostoiminnan päättyessä Hannukaisessa Laurinojan ja Kuervaaran malmiesiintymien avolouhosten annettiin täytyä ja jäädä louhoslammiksi nykyisen alueen sisälle (Pöyry, 2010).

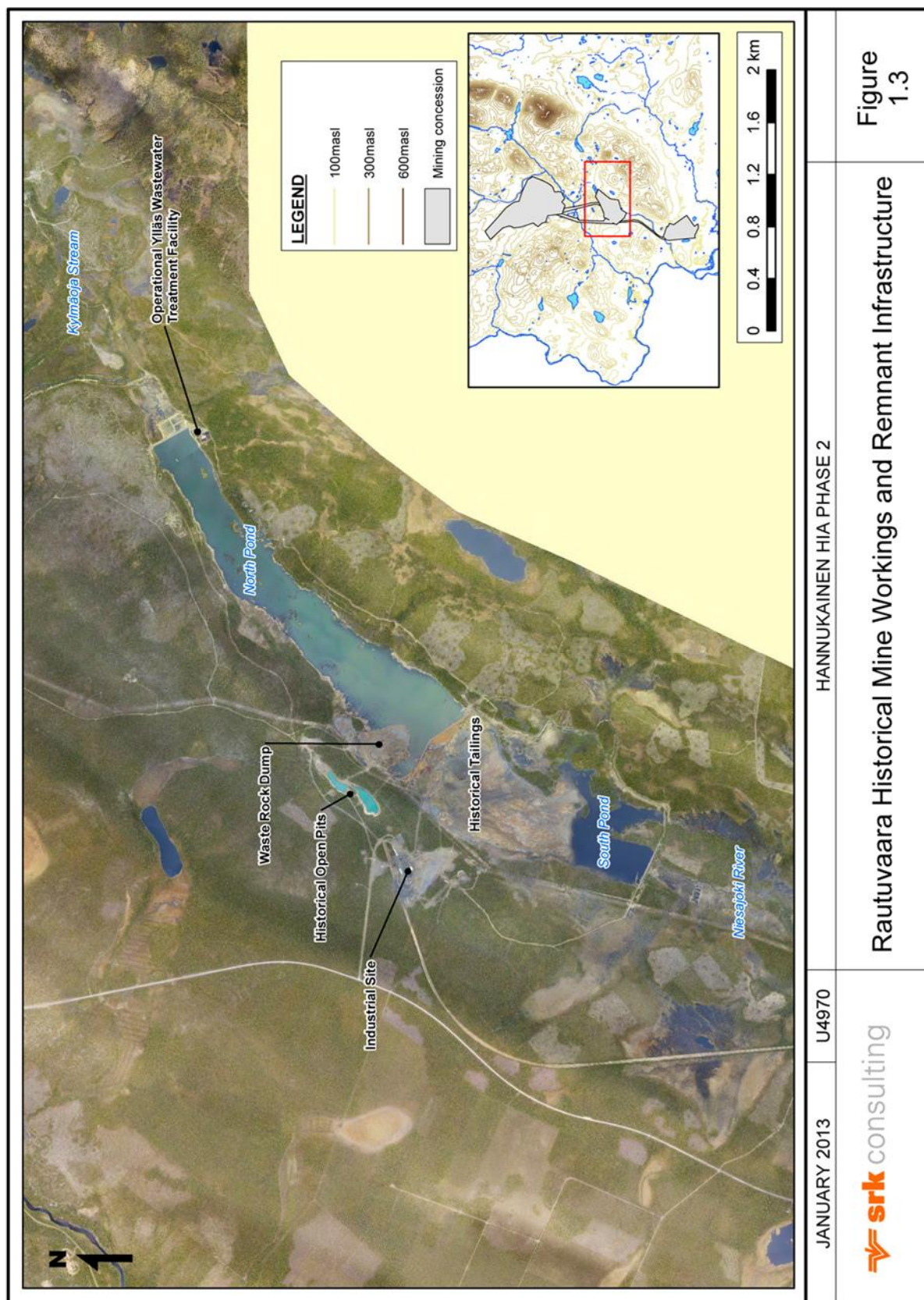
Rautuvaarassa malminetsinnän ja kaivostoiminnan käynnisti ensin Otanmäki Oy vuodesta 1962 vuoteen 1967. Rautaruukki Oy jatkoi toimintaa vuonna 1970 käyttämällä pilotoitavaa jalostusmetodia. Sen jälkeen rakennettiin rikastamo jalostamaan rautamalmia Rautuvaaran kaivoksesta (1975 – 1988), ja sen jälkeen rauta- ja kuparimalmeja Kuervaaran (1978 – 1986) ja Laurinojan (1982 – 1988) kaivoksista, ja viimeksi kulta-kuparimalmia Saattoporan kaivoksesta (1989 – 1996) ja neljästä muusta pienemmästä kulta- ja kuparikaivoksesta, jotka olivat Outokumpu Oyj hallinnassa. Outokumpu Oyj:n vuokrasopimus päättyi vuonna 1999, eikä Rautuvaaran laitosta ole käytetty sen jälkeen (GTK, 2010a).

Vanhat louhokset suunnitellulla Hannukaisen kaivosalueella ja Rautuvaaran rikastushiekan käsittelylaitoksen alueella näkyvät kuvassa Kuva 1-2 ja Kuva 1-3.

Kuva 1-2: Hannukaisen vanhat louhokset ja Northlandin kaivosvaltaus



Kuva 1-3: Rautuvaaran vanhat louhokset ja jäljellä olevat infrastruktuurit



Rikastushiekan läjitys

Rikastushiekan läjityksen nykyisessä Rautuvaara TMF:ssä on kuvannut GTK (2010a) ja se esitetään lyhyesti alla ja kuvassa Kuva 1-4:

- Läjitys Rautuvaaran TMF -alueella alkoi vuonna 1973 jokiuoman luoteispuolella. Rikastushiekkaa on asteittain läjitetty alavirran suuntaan etelään ja kaakkoon, ja purkupaikka on vaihtunut TMF:n elinkaaren aikana, mutta se on aina sijainnut pohjoisen penkereen puolella. Tästä syystä hienompi rikastushiekkamateriaali sijaitsee TMF:n keski- ja eteläosassa, kun taas suurin osa karkeasta materiaalista on asettunut rikastushiekkapadon pohjoiselle puolelle, lähelle purkuaukkoja;
- TMF koostuu yhdestä altaasta. Se on rajattu seuraavasti:
 - o Pohjoisessa rajana on suurista kalliolohkareista tehty vastapainepato, joka erottaa TMF:n kauempana pohjoisesta olevasta vesialtaasta. "Myöhemmin" (ajankohta ei ole tiedossa) on rakennettu pato, joka koostuu rikastushiekkaan sekoitetusta sivukiviaineksesta;
 - o Idässä rajana on sivukiviaineksesta tehty pato;
 - o Etelässä sivukivellä peitetty moreenipato patoaa rikastushiekka-allasta ja myös rikastushiekka-altaan eteläisessä osassa sijaitsevaa selkeytysallasta; ja
 - o Lännessä ei ole mitään patoavaa rakennetta.
- Nykyisessä Rautuvaaran TMF:ssä on kaksi allasta:
 - o Pohjoispuolella vesiallas, jota käytettiin prosessilaitoksen vedentuottoon aikaisemman kaivostoiminnan aikana; ja
 - o Selkeytysallas rikastushiekka-altaan eteläpuolella. Altaasta purkautuu vettä suoraan pintavesijärjestelmään, kuten kuvataan alla luvussa 3.3.4, mutta ei ole selvää, miten näitä päästöjä hallittiin aiemman kaivostoiminnan aikana.
- Suurimmassa osassa nykyistä rikastushiekkapatoa sen alapuolella on kerros tiivistynyttä turvetta, joka puolestaan sijaitsee hiekka- tai soramoreenikerroksen ja peruskallion päällä. Tähän on kaksi tunnettua poikkeusta laitoksen luoteis- ja koilliskulmilla (Kuva 1-4). Näissä turvekerros puuttuu ja rikastushiekka läjitetään suoraan ohuen humuskerroksen peittämän hiekka- tai soramoreenin päälle. GTK (2010a) oletti, että tiivistynyt turve estäisi mahdollisten kontaminanttien pääsyn pohjaveteen, kun taas niillä alueilla, joilla on vain ohut humuskerros, olisi suhteellisen läpäisevä pohja, ja siksi ne olisivat alttiimpia pohjaveden saastuttamiselle;
- Nykyinen rikastushiekan läjitysalue kattaa 85 hehtaarin alueen ja sisältää noin 6,6 miljoonaa tonnia jätettä. Nykyisen laitoksen purkautumisputket sijaitsevat eteläpuolella, ja niistä vesi pääsee virtaamaan Niesajokeen, joka laskee Muonionjokeen noin 12 km alempana.



(b)



1.5 Raportin rakenne

Tämä vaiheen 2 hydrologisten vaikutusten arviointiraportti on yhdistelmä Hannukaisen vaiheen 1 HIA-raportista ja Rautuvaaran HIA-raporttiluonnoksesta, asiakkaan pyynnön mukaisesti.

Alla yhteenveto raportin rakenteesta:

1. Johdanto: HIA:n tavoitteet, alueellinen asetelma ja keskeiset toimijat;
2. Puitteet: HIA:n lainsäädännölliset, yritykseen liittyvät ja kansainväliset puitteet;
3. Lähestymistapa: HIA:ssa käytetyt menetelmät, keskeiset oletukset ja rajoitukset;
4. Esitetyt toimenpiteet ja rajaukset: mahdollisten lähde-kulkeutumistie-vastaanottaja-yhteyksien tunnistaminen ja vaikutusarvioinnin kohteet;
5. Lähestymistapa nykytilanteen arviointiin: nykytilanteen arvioinnissa käytetyt lähteet ja menetelmät;
6. Nykytilanteen arviointi: kaivospaikan nykytilannetta kuvaava aineisto, kuten ilmasto, pintavesi (SW), pohjavesi (GW) ja geologia, sekä käsitteellinen hydrogeologinen malli;
7. Hankkeen kuvaus: kuvaus suunnitelluista toimista, jotka voivat vaikuttaa vesivaroihin;
8. Lähestymistapa vaikutusarviointiin: mallinnuksen ja vaikutusten ennustamistekniikoiden kuvaus;
9. Vaikutusten arviointi: vaikutusten kuvaus ja laajuus;
10. Vaikutusten hallinta: korjaavat toimet ja hallintamenetelmät; sekä
11. Johtopäätökset: keskeiset tulokset ja suositukset.

2 PUITTEET

Hanke sijaitsee Pohjois-Suomessa, ja sen on noudatettava sekä kansallisia että kansainvälisiä säännöksiä ja standardeja. Alla oleva yhteenveto aiheeseen liittyvästä lainsäädännöstä selittää, missä kontekstissa hydrologisten vaikutusten arviointi on toteutettu.

2.1 Lainsäädännölliset puitteet

23. lokakuuta 2000 annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY yhteisön vesipolitiikan puitteista, tai "EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi" (WFD) hyväksyttiin koko Euroopan unionissa (EU).

Puitedirektiivin (2000/60/EY) tavoitteena on, että kaikkien pintavesien tila jäsenvaltioissa olisi ainakin "hyvä" vuoteen 2015 mennessä. Direktiivi edellyttää, että jäsenmaat:

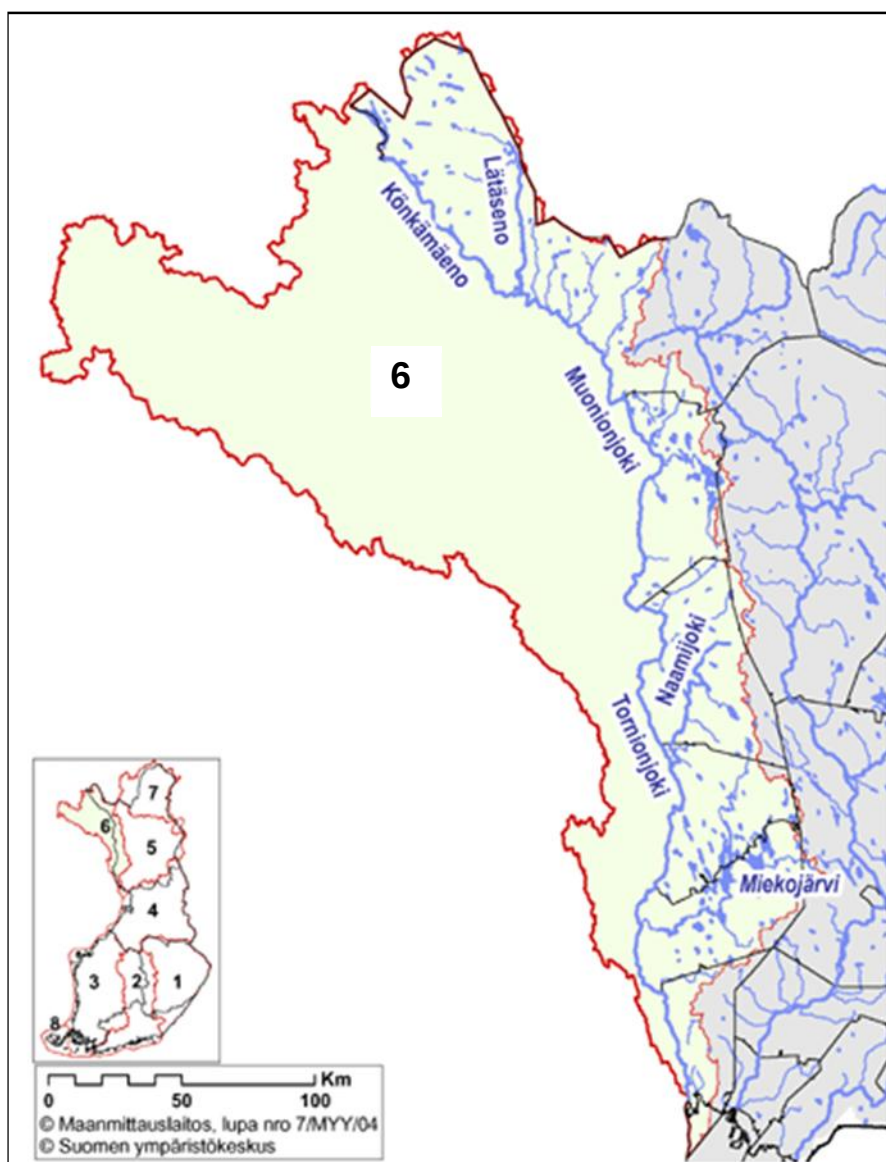
- Hallinnoivat vesivaroja vesistöalueittain;
- Määrittelevät, mikä on "hyvä" tila asettamalla ympäristönlautustandardit (EQS);
- Määrittelevät kansallisella alueellaan olevat erilliset vesistöalueet;
- Arvioivat vallitsevan veden laadun;
- Määrittelevät ja panevat toimeen tarvittavat toimet saastumisen ehkäisemiseksi; ja
- Seuraavat ja tarkistavat edistymistä jatkuvasti.

Pohjaveden osalta WFD (2000/60/EY) olettaa, että pohjavesi on tällä hetkellä saastumatonta ja siksi kemiallisten laatustandardien asettamista ei yleensä pidetä parhaana lähestymistapana (tiettyjä parametreja, kuten nitraatteja, tuholaismyrkyjä ja torjunta-aineita lukuun ottamatta). Vedenlaatustandardien sijaan WFD:ssä kielletään suorat päästöt pohjaveteen ja (suojaksi epäsuoria päästöjä vastaan) edellytetään, että jäsenvaltiot valvovat pohjavesivarantoja niin, että muutokset kemiallisessa koostumuksessa huomataan ja ihmisen aiheuttamat muutokset voidaan korjata. Direktiivi vaatii myös pohjavesivarojen hallinnointia sen estämiseksi, että akvifereista otetaan liikaa vettä (<http://ec.europa.eu>).

Suomessa vesipolitiikan puitedirektiiviä pannaan toimeen kolmen keskeisen lain avulla:

1. Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004);
2. Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006); ja
3. Valtioneuvoston asetus vesienhoitoalueista (1303/2004).

Suomalainen vesienhoitosuunnittelu on jaettu vesienhoitoalueisiin (CMA), joista jokainen koostuu joko yhdestä tai useammasta vesistöalueesta. Hannukainen ja Rautuvaara sijaitsevat Torniojokilaakson alueella, joka kuuluu Tornionjoen vesienhoitoalueeseen. Se on Ruotsin kanssa yhteinen kansainvälinen vesienhoitoalue. Kuva 2-1 esittelee suomalaiset vesienhoitoalueet.



Kuva 2-1: Tornionjoen vesienhoitoalue (lähde www.ymparisto.fi, ylläpitäjä Suomen ympäristökeskus SYKE)

Suomen puolella Tornionlaakson alue kuuluu lähes kokonaan Natura 2000 -verkostoon, EU:n laajuiseen vuoden 1992 elinympäristödirektiivillä perustettujen luonnonsuojelualueiden verkostoon. Natura 2000 -verkoston tavoitteena on taata Euroopan arvokkaimpien ja uhanalaisimpien lajien ja elinympäristöjen säilyminen pitkällä tähtäimellä. Vaikka verkostoon kuuluu erityisten suojelutoimien alueita (SAC), erityisiä suojelualueita (SPA) ja luonnonpuistoja, suurin osa maista on yksityisomistuksessa, ja erityisesti korostetaan sitä, että niiden hoito on tulevaisuudessa kestävän kehityksen periaatteiden mukaista, sekä ekologisesti että taloudellisesti (EU-komission ylläpitämältä <http://ec.europa.eu> -sivustolta).

2.1.1 Pintavesien luokittelu

Suomen ympäristökeskus (SYKE) on luokitellut Suomen pintavedet niiden ekologisen ja kemiallisen tilan perusteella, jotka määritellään tiettyjen muuttujien varoarojen mukaisesti. Alla kukin luokka on kuvattu lyhyesti. Tarkemmat yksityiskohdat esitetään liitteessä A.

- **Luokka I (Erinomainen):** Vesialue on luonnontilainen. Vesistö on yleensä oligotrofinen, kirkas tai lievästi humuspitoinen. Veden käyttöä rajoittavia leväesiintymiä ei todeta. Vesistö soveltuu erittäin hyvin kaikkiin käyttömuotoihin.;
- **Luokka II (Hyvä):** Vesialue on lähes luonnontilainen, mutta lievästi rehevöitynyt tai selvästi humuspitoinen. Paikallisesti rajoittuneita leväesiintymiä voi esiintyä satunnaisesti. Vesistö soveltuu hyvin eri käyttömuotoihin.;
- **Luokka III (Tyydyttävä):** Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan lievästi rehevöittävä tai vedenlaatu on muuten muuttunut. Tähän luokkaan kuuluvat myös luonnostaan huomattavan rehevät tai erittäin humuspitoiset vedet. Levähaittoja voi esiintyä toistuvasti. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, pohja-aineksessa tai eliöstössä voivat olla hieman luonnontilaisista arvoista kohonneet. Vesistö soveltuu yleensä tyydyttävästi useimpiin käyttömuotoihin;
- **Luokka IV (Välttävä):** Vesialue on voimakkaasti kärsinyt erilaisesta toiminnasta. Leväkukinnat ovat yleisiä ja saattavat rajoittaa veden käyttöä pitkiä ajanjaksoja. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, pohja-aineksessa tai eliöstössä voivat olla selvästi luonnontilaisia arvoja korkeampia. Vesistö soveltuu yleensä vain sellaisiin käyttötarkoituksiin, joiden vedenlaatuvaatimukset ovat vähäiset; sekä
- **Luokka V (Heikko):** Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan pilaama. Levähaitat ovat erittäin yleisiä ja runsaita estäen vesistön käytön usein pitkäksi aikaa. Rehevyydestä johtuen myös happitilanne voi olla heikko. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, sedimentissä tai eliöstössä voivat olla tasolla, josta aiheutuu selvä riski vesistön käytölle tai vesiluonnolle. Vesistö sopii heikosti mihinkään käyttöön.

Suomessa on esitetty joitakin teollisuus- ja kuluttajakemikaaleja ja kasvinsuojelukemikaaleja koskevia ympäristölaatustandardeja. Näitä ei kuitenkaan ole vielä täysin vahvistettu, eikä niitä siksi oteta huomioon myöhemmin tässä raportissa.

2.1.2 Pohjaveden luokittelu

SYKE luokittelee pohjavesivarat kolmeen kategoriaan; I, II ja III:

- **Luokka I:** Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue. Pohjavettä käytetään tai tullaan käyttämään 20–30 vuoden kuluessa tai se tulisi varata kriisiajan vedenhankintaa varten. Vettä käyttää vähintään 10 asuinhuoneistoa tai teollisuuslaitosta;
- **Luokka II:** Yhteisvedenhankintakäyttöön soveltuva pohjavesialue. Pohjavettä ei tällä hetkellä käytetä, mutta sitä on mahdollista käyttää vedenhankintaan; sekä
- **Luokka III:** Muu pohjavesialue, jota on mahdollista käyttää vedenhankintaan, mutta saatavilla ei ole riittävästi tietoa tarkempaa luokittelua varten. SYKE saattaa myöhemmin tehdä tutkimuksia luokan III pohjavesialueilla, ja ne voidaan joko siirtää luokkaan I tai II, tai vaihtoehtoisesti poistaa pohjaveden luokittelujärjestelmästä.

Tällä hetkellä Suomessa ei ole kansallisia laatustandardeja pohjavedelle, mutta tietoja voidaan kuitenkin verrata "sopiviin tausta-arvoihin". Tässä tutkimuksessa pohjavesitietoja on verrattu juomaveden standardeihin ja Rambollin paikallisia jokia varten laatimiin kaivospaikkakohtaisiin vedenlaatutavoitteisiin, joita käsitellään tarkemmin luvussa 3.2.

2.1.3 ESIA

Suomen lainsäädännössä ympäristövaikutusten ja sosiaalisten vaikutusten arviointia sääntelee Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994), jota sovelletaan hankkeisiin, joilla voidaan odottaa olevan tuntuvia haitallisia ympäristövaikutuksia. Laki määrittelee ympäristövaikutuksen seuraavasti:

”hankkeen tai toiminnan aiheuttamia välittömiä ja välillisiä vaikutuksia Suomessa ja sen alueen ulkopuolella:

- ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen;
- maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen;
- yhdyskuntarakenteeseen, rakennuksiin, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön;
- luonnonvarojen hyödyntämiseen;
- sekä asetuksessa 267/1999 mainittujen tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin.”

Suomalaiset viranomaiset käyttävät ESIA-menettelyä selvittämään vaarantaako hanke vesipolitiikan puitedirektiivissä määritellyt tavoitteet, ja sen myötä sen, voidaanko hankkeelle myöntää ympäristölupa.

2.2 Luvat

2.2.1 Hannukainen

Hannukaisen alueella on tällä hetkellä kaksi louhosta; Laurinoja ja Kuervaara. Näihin louhoksiin päästettiin vesi sen jälkeen, kun kaivostoiminta oli päättynyt vuonna 1995, ja alustavassa taloudellisessa arviossa (PEA) arvioitiin, että ne sisältävät noin 3,4 miljoonaa m³ vettä (Hatch, 2010).

Nämä louhokset täytyy kuivata ennen kuin kaivostoiminta voi alkaa. Avolouhoslampien veden laskemiseen Äkäsjokeen saatiin lupa vuonna 2007 (Ympäristölupa M12/07) Suomen ja Ruotsin rajajokikomissiolta (BRC). Luvan mukainen laskuvauhti Äkäsjokeen on 300 L/s (0,3 m³/s) kesäaikaan, 100 L/s (0,1 m³/s) talviaikaan ja 400 L/s (0,4 m³/s) tulvakaudella, mikä mahdollistaa sen, että louhokset saadaan kuivattua vajaassa vuodessa (SRK, 2012a).

Koska Kuervaaran louhoksessa vedenlaatu on heikompi, lupa määrää, että Laurinojasta valutettavan veden määrä on vähintään 90 % ja Kuervaarasta enintään 10 %.

Alkuperäinen rajajokikomission kuivatuslupa oli voimassa 31. joulukuuta 2010 asti, ja luvan voimassaoloa on jatkettu 31. joulukuuta 2015 saakka (Pöyry, 2012a). Sallitut juoksutusmäärät on esitetty taulukossa Taulukko 2-1.

Taulukko 2-1: Yhteenveto sallituista kuivatusjuoksutusmääristä

Vuodenaika	Sallittu pumppausmäärä (L/s)		
	Yhteensä (100 %)	Laurinoja (90 %)	Kuervaara (10 %)
Kesä	300	270	30
Talvi	100	90	10
Tulva	400	360	40

2.2.2 Rautuvaara

Rautuvaaralle ei ole tällä hetkellä mitään ympäristölupaa (Golder, 2012).

Aiemmin kontaminoituneen paikan käyttöön liittyviä riskejä on selvitetty kaivospaikan ympäristön tilan arvioinnissa (ESA), jonka toteutti Golder Associates vuonna 2012. Siinä tapauksessa, että Northland aloittaa toiminnan Rautuvaarassa, Northland ottaa Rautaruukki Oy:n aiemmin kantaman vastuun historiallisen kaivostoiminnan rikastushiekasta (Golder, 2012).

Northlandin ja Rautaruukki Oy:n välillä on aktiivista vuoropuhelua (J. Kunttonen Vant Riet, henkilökohtainen kommentti). Tällä hetkellä vallitsee epävirallinen yhteisymmärrys siitä, että mikäli Northland ottaa vastuun Rautuvaaran kaivospaikasta, Rautaruukki Oy maksaa sulkemisrahastoon summan, joka vastaa yhtiön vastuita sellaisina, joiksi ne on laskettu vaihdon hetkellä. Tämä raha kattaa osaltaan sulkemiskustannuksia kaivostoiminnan päättyessä.

Laajempi keskustelu näistä aiheista ei kuulu tähän raporttiin, ja lukijaa pyydetään lukemaan tarkemmat yksityiskohdat ESA:sta.

3 LÄHESTYMISTAPA

Kaivostoiminta vaikuttaa paikalliseen hydrologiseen järjestelmään. On olemassa mahdollisuus, että sekä fysikaaliset että kemialliset vaikutukset vaikuttavat sekä pintavesi- että pohjavesijärjestelmiin.

Kaikkia kemiallisia vaikutuksia, jotka aiheutuvat kaivostoiminnan kontaminaatiosta, kuvataan lähde-kulkeutumistie-vastaanottaja-mallilla. Tätä mallia käytetään riskinarvioinnin työkaluna selvittämään, mikä on kontaminaation lähde (lähde, esim. sivukivikasa), mihin lähde saattaa vaikuttaa (vastaanottaja, esim. joet, pohjavesimuodostumat), ja millä tavalla lähde saattaa saavuttaa vastaanottajan (kulkeutumistie, esim. pohjavesijärjestelmä). Kaikkien kolmen osatekijän on oltava mukana, jotta kontaminaation mahdollisuus olisi olemassa. Esimerkiksi sellaista myrkyllistä ainesta, jonka pääsy ympäristöön on estetty, ei voida kuvata kontaminaation lähteeksi, koska sillä ei ole mitään kulkeutumistietä eikä vastaanottajaa.

Myös kaivostoiminnan aiheuttamia fysikaalisia vaikutuksia, kuten vedenpinnan aleneminen kuivatuksen myötä, on tunnistettu. Kun kyse on fysikaalisista vaikutuksista, 'lähde' (esimerkiksi päästö selkeytysaltaasta) voi vaikuttaa 'vastaanottajaan' (esimerkiksi jokeen) suoraan.

Mahdollisten vaikutusten tunnistamista on tutkittu HIA:ssa käyttämällä lähestymistapaa, joka kuvataan luvussa 3.1.

3.1 HIA-lähestymistapa

Vaikutusten arviointi on iteratiivinen prosessi, joka alkaa vastaanottajan ja vaikutusten tunnistamisesta rajaamisvaiheessa. Kun HIA etenee, painotus siirtyy vaikutusten määrittämiseen ja arviointiin, joka koostuu kunkin tunnistetun vaikutuksen systemaattisesta arvioinnista.

HIA:ssa tehtyä vaikutusarviointia voidaan käyttää ESIA:ssa määrittämään vaikutusten merkitystä, ja auttamaan vaikutusten luokittelemisessa. Osana tätä prosessia on määrittely vaikutusten hallintatoimia kielteisten vaikutusten merkityksen vähentämiseksi tai myönteisten vaikutusten vahvistamiseksi. Näiden toimenpiteiden huomioonottamisen jälkeen tuloksena olevien (jäljellä olevien) vaikutusten merkitys arvioidaan ESIA:ssa uudelleen samojen kriteerien pohjalta.

Taulukko 3-1 esitetään yhteenveto siitä HIA-lähestymistavasta, jota on käytetty Hannukaisen kaivostoiminnan vaikutusten arviointiin. Vaikutusarvioinnissa käytettyä metodologiaa käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 8.1.

Taulukko 3-1: Yhteenveto HIA:n lähestymistavasta

Tehtävä	Kuvaus	Raportoitu yksityiskohtaisesti
Rajaus	- Yhteistyö DFS-työryhmän kanssa esitetyn hankkeen ymmärtämiseksi - Mahdollisten lähde-kulkeutumistie-vastaanottajien tunnistaminen	Luku 4
Perustilan kuvaus	- Kerätään perustiedot - Arvioidaan tiedot sopivien työkalujen avulla - Tunnistetaan vastaanottajat ja mahdolliset kulkeutumisreitit - Kehitetään konseptuaalinen malli	Luvut 4 ja Error! Reference source not found.
Hankkeen kuvaus	Tunnistetaan ja kuvataan mahdolliset lähteet	Luku 0
Vaikutusarviointi	- Käytetään sopivia työkaluja, esim. numeerisia malleja, kvantitatiivisten vaikutusennusteiden tekemiseen - Kuvataan todennäköiset vaikutukset	Luvut 5 ja 6
Vaikutusten hallinta	- Tunnistetaan mahdolliset kielteisiä vaikutuksia korjaavat toimet - Esitetään hallintatoimia ja arviointikriteerejä tulevan hallinnan onnistumiseksi - Esitetään sopivaa seurantaa	Luku 7

3.2 Vedenlaatutavoitteet

Raportti vertailee mitattua ja mallinnettua vedenlaatudataa paikkakohtaisiin vedenlaatutavoitteisiin (WQO). Vedenlaatutavoitteet on laatinut SRK ja niistä on sovittu yhdessä Rambollin (jolla on kokonaisvastuu vedenlaatutavoitteiden johtamisesta) ja Northlandin kanssa.

Vaiheen 1 raportissa Ramboll laati paikkakohtaiset WQO:t Äkäsjöelle, Valkeajöelle, Kuerjöelle, Niesajöelle ja Muonionjöelle (2012b). Tätä raporttia varten vaiheen 1 WQO:t on laskettu uudelleen niin, että ne ovat yhdenmukaisia tässä raportissa esitettävien tarkistettujen ja päivitettyjen vedenlaadun perustilatiетоjen kanssa. Päivitetyistä vedenlaatutavoitteista on sovittu Rambollin kanssa, ja kaikki hankkeessa mukana olevat konsultit tulevat käyttämään niitä. Niillä korvataan vaiheen 1 raportissa käytetyt vedenlaatutavoitteiden arvot.

Pohjavedelle ei ole olemassa paikkakohtaisia vedenlaatutavoitteita. Koska pohjavettä käytetään kotitalousveden lähteenä Hannukaisessa, pohjaveden laatua tuolla alueella verrataan suomalaisiin juomaveden (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 401/2001). Rautuvaarassa pohjavettä ei käytetä juomavetenä, ja on sovittu, että pohjaveden laatu tietoja verrataan Niesajöelle kehitettyihin vedenlaatutavoitteisiin.

3.2.1 Metodologia

Paikkakohtaiset vedenlaatutavoitteet johdettiin käyttämällä Australian ja Uuden-Seelannin ympäristönsuojeluneuvoston (ANZECC) metodologiaa (ANZECC & ARMCANZ, 2000). ANZECC-lähestymistavassa käytetään kansainvälisesti hyväksyttyjä vedenlaatuohjeita¹ ja vedenlaadun perustilaa koskevaa aineistoa. Kullekin parametrille johdetaan ”varoarvot” (TV) ja ”raja-arvot” (AV).

Sellaisille parametreille, joille on olemassa kansainvälisesti hyväksytyt ohjearvot, raja-arvo asetetaan yleensä vastaamaan matalinta tai sopivinta kansainvälisistä ohjearvoista, lukuun ottamatta sellaisia tapauksia, joissa perustila on jo kansainvälisten ohjearvojen yläpuolella. Siinä tapauksessa AV voidaan asettaa tilastolliseksi arvoksi perustilan vedenlaatu-tietojen pohjalta (eli 99. prosenttipiste havaintodatasta plus kaksi keskihajontaa keskiarvon yläpuolelle). Kansainväliset ohjearvot asetetaan yleensä sellaiselle tasolle, jonka yläpuolella on olemassa riski haittavaikutuksista vesiorganismeille. Siis jos AV-arvo ylittyy kaivoksen elinkaaren aikana, oletetaan, että kaivoksen hoitaja ryhtyy välittömästi korjaaviin toimiin ylitysten korjaamiseksi, koska on olemassa välittömien vaikutusten vaara vesiorganismeille.

Varoarvo on 80. prosenttipiste perustilan havaintodatasta. Kuten nimikin kertoo, TV toimii yleensä varoittavana kynnysarvona, jonka saavuttaminen kertoo, että kaivoksen hoitajan tulee harkita uusia toimia, jotka voivat johtaa korjaaviin toimiin, esimerkiksi lisää seurantaa tai myrkyllisyystutkimuksia. Jotta TV olisi tehokas varoitustaso, voitaisiin odottaa, että TV-arvon ylitys viittaisi joko merkittävään poikkeamaan perustilan olosuhteista tai potentiaaliseen tulevaan AV-arvon ylitykseen, josta olisi vaaraa vesieliöille. Hannukaisessa perustilan veden laatu on kuitenkin yleisesti erittäin hyvä, ja joissakin suurissa joissa (esim. Muonionjoessa) perustilan tiedot osoittavat vähäistä vuodenaajoista riippuvaa tai vuosittaista vaihtelua, mikä johtaa vähäiseen keskihajontaan kerätyssä datassa.

Tästä syystä monissa tapauksissa Hannukaisen TV-arvot saattavat olla huomattavasti (suuruusluokkia) alhaisempia kuin AV-arvot, ja suhteellisen lähellä perustilan mediaania. Tällaisessa tilanteessa suhteellisen pienikin pitoisuuden lisäys saattaa johtaa TV-arvon ylittymiseen, vaikka lisääntyneet pitoisuudet eivät olisi merkittävästi perustilan yläpuolella, tai lähellä raja-arvoa. Tästä syystä TV-arvojen käyttö Hannukaisessa on kysymysmerkki, ja tutkimuksessa tulee huolellisesti verrata TV-arvoja perustilan pitoisuuksiin ja AV-arvoihin. Varoarvot ovat kuitenkin hyödyllisiä osoittamaan sellaiset parametrit, joiden osalta laskelmat viittaavat siihen, että ne saattavat ylittää perustilan normaaliolosuhteet ja monissa

1) Suositukset, jotka otettiin huomioon vedenlaatutavoitteita (WQO) laadittaessa.

1) CCME, Canadian council of Ministers of the Environment. Canadian Environmental Quality Guidelines. Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Freshwater.

2) EPA, United States Environmental Protection Agency. National Recommended Water Quality Criteria for the protection of aquatic life and human health in surface water. Freshwater.

3) EPD, Government of British Columbia, Canada. Environmental Protection Division. Water Quality Guidelines. Fresh Water Aquatic Life.

4) ANZECC, Australian and New Zealand Environmental Conservation Council. Water Quality Guidelines for Aquatic Ecosystems.

5) EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/44/EY, annettu 6 päivänä syyskuuta 2006, suojelua ja parantamista edellyttävien makeiden vesien laadusta kalojen elämän turvaamiseksi

6) EU, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/105/EY, annettu 16 päivänä joulukuuta 2008, ympäristölaatu-normeista vesipolitiikan alalla, neuvoston direktiivien 82/176/ETY, 83/513/ETY, 84/156/ETY, 84/491/ETY ja 86/280/ETY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2000/60/EY muuttamisesta

tapauksissa varoarvo tulisi nähdä arvona, joka viittaa enemmän muutokseen perustilasta kuin potentiaalisesti riskiin vesiorganismeille.

On myös syytä todeta, että joissakin tilanteissa (esimerkiksi molybdeenin osalta) AV voi olla suhteellisen korkea verrattuna TV-arvoon, ja tämä voi edellyttää AV-arvon toksikologista uudelleenarviointia niin, että voidaan määrittellä herkempi arvo.

Tähän tutkimukseen valitun ANZECC-lähestymistavan mukaisesti TV-arvot on laskettu kaikille parametreille, ja TV-arvojen ylitykset on nostettu esiin raportin vaikutusarviointiosassa. Kuitenkin hankkeen lopullisessa YVA:ssa varoarvojen käyttöä ja niiden ylitysten arviointia saatetaan joutua harkitsemaan uudelleen. Voi olla, että joudutaan määrittelemään sopivampi raja, joka toimisi välittömänä kynnsarvona, joka olisi perustilan yläpuolella, mutta raja-arvon alapuolella. Esimerkiksi prosenttiarvoa (50 %) raja-arvosta voitaisiin pitää tuollaisena välittömänä kynnyksenä.

Raja-arvot ja varoarvot on johdettu 29 parametrille. Kuitenkin koko datasta on määritetty kaksi parametrien ryhmää:

1. 'Keskeiset' parametrit: Ne, joilla on raja-arvot, jotka perustuvat kansainvälisesti hyväksyttyihin ohjearvoihin. Mikäli parametrilla on olemassa oleva kansainvälisesti hyväksytty ohjearvo, voidaan olettaa, että se on määritelty ohjearvoksi, joka saattaa aiheuttaa haitallisia vaikutuksia vesiorganismeille; sekä
2. 'Muut' parametrit: Ne, joilla ei ole kansainvälisesti hyväksyttyjä ohjearvoja, ja joiden raja-arvot perustuvat perustilatieojen analysointiin. Mikäli jollakin parametrilla ei ole kansainvälisiä ohjearvoja, voidaan olettaa, että tällä parametrilla on vähemmän vaikutuksia vesiorganismeihin kuin sellaisilla parametreilla, joilla on ohjearvo.

Parametrit luokitellaan "keskeisiin" ja "muihin" taulukossa Taulukko 3-2 ja Taulukko 3-3.

Koska WQO:t on määritelty vertaamalla arvoja perustilan tutkimuksen tietoihin, ne laskettiin tietyille vedenlaatuäyhteiden otto- ja ottopaikoille, eli:

- FS09 Äkäsjäossa Hannukaisen kaivospaikan vieressä;
- FS10 Äkäsjäossa alaspäin yhtymäkohdasta Valkeajoen kanssa;
- FS40 lähellä Kuerjoen jokisuuta;
- FS08 lähellä Valkeajoen jokisuuta;
- FS15 Niesajäossa nykyisen TMF:N alapuolella;
- FS12 Niesajoen jokisuulla;
- FS03 Kylmäojan suulla; sekä
- FS23 Muonionjäossa heti Niesajoen yhtymäkohdan yläpuolella.

Nämä paikat valittiin paikoiksi, joissa pintaveden laadun kehitystä arvioidaan. Arvot TV- ja AV-arvoille näissä paikoissa esitetään asianmukaisissa kohdissa luvussa 6, jossa käsitellään kunkin joen vallitsevia olosuhteita.

On syytä huomata, että koska TV:t ja AV:t on määritelty eri paikoille ja käyttämällä kunkin paikan vedenlaatu-tietoja, nuo arvot vaihtelevat eri puolilla tutkimusaluetta. Monien

parametrien osalta raja-arvot ovat samoja kaikkialla tutkimusalueella, koska ne perustuvat kansainvälisiin ohjearvoihin. Kuitenkin jotkut AV:t ja TV:t on määritelty paikasta riippuvien vedenlaatutietojen pohjalta, joten ne vaihtelevat eri paikoissa.

Arvot perustuvat kaiken havaintoaineiston analyysiin kussakin paikassa, seuraavin oletuksin ja rajauksin:

- Näytteet, joiden pitoisuudet olivat määritysrajojen alapuolella, sisällytettiin aineistoon pitoisuudella, joka asetettiin puoleen määritysrajasta;
- Historialliset näytteenottotiedot (ennen Northlandin näytteenotto-ohjelmaa), joissa oli erittäin korkeat määritysrajat, jätettiin pois analyysistä, koska määritysraja vaikutti huomattavasti TV- ja AV-arvojen laskentaan; ja
- Valitut vierashavainnot poistettiin aineistosta silloin, kun havaitut pitoisuudet olivat suuruusluokkaa muiden näytteiden mediaanin yläpuolella. Kaikkiaan vain neljä vierashavaintoa poistettiin, koska ne vaikuttivat huomattavasti TV- ja AV-arvojen laskentaan. ANZECC-metodit sallivat vierashavaintojen poistamisen, mikäli niiden uskotaan tuottavan virheellisiä (liian korkeita) varo- tai raja-arvoja.

Taulukko 3-2: ”Keskeiset” parametrit pintaveden laadun arvioimiseen

Parametri	Yksikkö
Suspendoitunut kiintoaines	mg/l
Ammonium	mg/l
Nitriitti	mg/l
Nitraatti	mg/l
Kloridi	mg/l
Sulfaatti	mg/l
Rauta	mg/l
Alumiini	mg/l
Arseeni	mg/l
Kadmium	mg/l
Koboltti	mg/l
Kromi	mg/l
Kupari	mg/l
Elohopea	mg/l
Mangaani	mg/l
Molybdeeni	mg/l
Nikkeli	mg/l
Lyijy	mg/l
Uraani	mg/l
Sinkki	mg/l

Taulukko 3-3: ”Muut” parametrit pintaveden laadun arvioimiseen

Parametri	Yksikkö
pH	-
Sähkönjohtavuus	mS/m
Kalsium	mg/l
Kalium	mg/l
Magnesium	mg/l
Natrium	mg/l
Rikki	mg/l
Pii	mg/l
Barium	mg/l
Strontium	mg/l
Antimoni	mg/l

3.2.2 Vertailu vaiheen 1 tutkimuksen vedenlaatutavoitteisiin

Vedenlaatutavoitteet (WQO) tulisi kehittää neuvotellen paikallisten viranomaisten kanssa. Koska Muonionjoki on kansainvälinen joki, keskusteluja täytyy käydä sekä ruotsalaisten että suomalaisten viranomaisten kanssa. Kaivospaikalle soveliaista vedenlaatutavoitteista ei ollut käynnistetty keskusteluja viranomaisten kanssa tätä raporttia laadittaessa. Tästä syystä on mahdollista, että WQO:ta muutetaan osapuolten välillä käytyjen keskustelujen jälkeen.

Vedenlaatutavoitteisiin liittyy eräitä kysymyksiä, joita korostettiin vaiheen 1 tutkimuksessa (SRK, 2012a) ja jotka otettiin myöhemmin esille Northlandin ja Rambollin kanssa:

- Niesajoelle oli sarja vedenlaatutavoitteita, jotka perustuivat kaikista joen varrella olleista mittausasemista saatujen tietojen yhdistettyyn analyysiin. Koska Rautuvaaran nykyinen rikastushiekka-allas vaikuttaa Niesajoen vesiin, mikä saa aikaan selvän spatiaalisen trendin havaintodatassa (luku 3.3.4), yhden ainoan vedenlaatutavoitteiden sarjan käyttäminen koko joelle johti siihen, että WQO:t olivat liian alhaisia Niesajoen yläjuoksun perustilan osalta (eli perustilan vedenlaatu ylittää tavoitteet) ja liian korkeita perustilaan verrattuna Niesajoen alajuoksulla (eli perustilan olosuhteet olivat selvästi tavoitteiden alapuolella); ja
- Kaikkein tuoreimpia vedenlaadun perustilatietoja ei ollut saatavilla, ja siksi niitä ei käytetty vaiheen 1 vedenlaatutavoitteiden määrittelemiseen. Tämän seurauksena WQO:den ja perustilan tietojen välillä on ristiriitoja jotka täytyy ratkaista vaiheen 2 varalle, niin, että tuoreimmat perustilaselvitystiedot voidaan ottaa mukaan arviointiin.

Koska tämä tutkimus on hyvin herkkä WQO-arvoille, SRK on työskennellyt yhdessä Rambollin kanssa vaiheen 2 aikana WQO:den laskemiseksi uudelleen ja sen varmistamiseksi, että molemmat tutkimukset käyttävät samaa havaintoaineistoa. Ramboll on hyväksynyt korjatut varoarvot (Ramboll, henkilökohtainen kommentti). Ramboll korjasi raudan raja-arvoa SRK:n suosituksesta osana tätä prosessia.

Näiden korjausten jälkeen suurimmat WQO-arvoja koskevat huolenaiheet on käsitelty.

Vedenlaatutavoitteet perustuvat kaikkien vedenlaatutietojen analyysiin, eikä tutkimusalueen jokia varten asetetuissa tavoitteissa ole mitään vuodenaikavaihtelua. Tästä syystä

tutkimuksessa esitetyt pintaveden laatua koskevat laskelmat perustuvat mediaanipitoisuuksiin kaikista vedenlaatutiedoista kussakin näytteenotto paikassa.

3.3 Keskeiset oletukset ja rajoitukset

Kuten monet vaikutusarvioinnit, tämä HIA on riippuvainen eri riippumattomien osapuolten toimittamista tiedoista täyden arvioinnin toteuttamiseksi. Yleisesti ottaen kaikki tarpeellinen tieto laskettiin Hannukaisen 1 vaiheen tutkimuksen aikana. Osa näistä tiedoista on jouduttu päivittämään vaiheen kaksi muutetun sijoittelun ja muuttuneiden kaivoksen toimintametodien huomioonottamiseksi.

Hankkeen tiukan aikataulun vuoksi kaikkia vaiheen 2 muutoksia ei ole ollut mahdollista ottaa mukaan HIA:een, erityisesti Rautuvaaran osalta. Sen sijaan on tehty joukko oletuksia, jotka koskevat vaiheen 1 aineiston käyttöä tässä tutkimuksessa. Ne vaiheen 1 aineistot, jotka on otettu mukaan tutkimukseen, ovat seuraavat:

- Pöyryn (2013) vedenkäsittelysuunnitelma perustuu vaiheen 1 geokemiallisen mallinnuksen tietoihin;
- Sivukivikasojen lähdetermien laskemiseksi (luku 5.1.3), sivukivimateriaalin kokonaistonnimäärä on päivitetty heijastamaan vaiheen 2 tonneja. Eri kivilajien osuus kussakin sivukivityypissä on kuitenkin oletettu samaksi kuin vaiheessa 1 laskettu;
- Louhoslampien vedenlaadun laskelmissa (luku 5.1.3), louhoksen seinämäalueet on päivitetty vastaamaan vaiheen 2 louhoksen ulkoreunoja. Laskelmissa oletetaan kuitenkin, että eri kivilajien osuus on sama kuin vaiheessa 1 laskettu; sekä
- Vaiheen 1 kuormitus, joka laskettiin LIMS-magneettierotusta ja korkearikkistä rikastushiekkaa varten, on käytetty vaiheen 2 tutkimuksessa rikastushiekan lähdetermien laskemiseen (luku 5.1.3).

HIA:n keskeiset oletukset ja rajoitukset luetellaan alla. Erityiset kysymykset, jotka liittyvät esimerkiksi mallinnustyöhön, nostetaan raportissa esille asiaankuuluvassa alaluvussa.

Keskeiset oletukset:

- Kaivostoiminnan aikataulu, sulkemissuunnitelma mukaan lukien, on luvussa 0 kuvaton mukainen;
- Kaivoksen infrastruktuuri on sellainen kuin luvussa 4.1 kuvattu perusmalli;
- Perustilan ja ennustetun valmisteluvaiheen jälkeisiä vedenlaatuaroja verrataan luvussa 3.2 kuvattuihin vedenlaatuavoitteisiin; ja
- Kaivoksen vesitase on Pöyryn kuvaaman mukainen sellaisena kuin se kuvataan luvussa 4.2.

Keskeiset rajoitukset:

- Perustilan pintaveden virtaus, pintaveden korkeus, pohjaveden laatu ja pohjaveden korkeustiedot ovat rajallisia, eivätkä muodosta täydellistä vuodenaikojen mukaista näyteaineistoa. Pitkän ajan seuranta ei kuulu SRK:n toimeksiantoon ja SRK on riippuvainen Northlandista pitkän aikavälin seurantatietojen saamiseksi.

- Pohjavettä koskevat tiedot Rautuvaarassa olivat äärimmäisen vähäisiä, ja niinpä SRK osana HIA-tutkimusta suositteli porauspaikkoja seurantaverkoston rakentamiseksi esitetylle rikastushiekan käsittelylaitoksen alueelle. SRK myös tarkensi menetelmät hydrogeologisen tiedon keräämiseksi porausten aikana ja toimitti asennuspiirrokset. Porausohjelmaa valvoi pääasiassa Northlandin henkilökunta, tiiviissä yhteydessä SRK:n kanssa. SRK otti suoraan valvontaansa huokospainemittarin asennuksen alkuvaiheen ja tarkasti käynnissä olleen porausohjelman. Toistuvista pyynnöistä ja sekä Northlandin että SRK:n henkilökunnan antamista selityksistä huolimatta kaikkia kokeita, muun muassa purkautumis- ja poran tunkeutumistestejä ei aina saatu valmiiksi tai tuloksia kirjattu;
- Kairausreikien rakenteen yksityiskohdat ovat saatavilla vain Pöyryn (jälkiliite -SP) ja SRK:n (jälkiliite -HYDR-) kairausrei'ille Hannukaisessa sekä SRK:n (jälkiliite RAU12HYD-) kairausrei'ille Rautuvaarassa;
- Paikan päällä olevalla sääasemalla on mittaustietoja vain yhden vuoden ajalta, joten sitä ei voitu käyttää pitkän aikavälin keskimääräisten sääolosuhteiden määrittämiseen kaivospaikalla;
- Tämänhetkisiä sulkemissuunnitelmia ei ole laadittu tarkoin Rautuvaaran osalta, ja sulkemisivaiheen vesienhallinnan osalta on jouduttu tekemään oletuksia. Ramboll on vahvistanut, että vaiheen 1 sulkemissuunnitelmaa Hannukaisen kaivospaikalla sivukivien läjityksen osalta tulisi käyttää vaiheelle 2;
- Vaiheen 2 TMF:n rakenne ja siihen liittyvät parametrit, esim. suotovesi, on laskettu vain kaivoksen elinkaaren (LOM) ajalta; ja
- Kaivospaikka sijaitsee lustaisessa kiintokallioympäristössä ja siksi on todennäköistä, että pohjaveden virtaus on selvästi rakenteista riippuvaista. Raot voivat sekä johtaa että estää pohjaveden virtausta. Rakenteista on vain vähän tietoa, eikä jokaisen rakenteen sijaintia ja hydrologista merkitystä ole mahdollista kartoittaa. Toistaiseksi kartoittamattomat rakenteet voivat toimia hyvin johtavina kulkeutumisteinä lähteen ja vastaanottajan välillä, mutta kääntäen rako voi pysäyttää lähteen tai kääntää pohjaveden virtauksen pois vastaanottajasta. Tästä syystä ei ole mahdollista ennustaa mahdollisia vaikutuksia sellaisella tarkkuudella, jollainen voisi olla mahdollinen isotrooppisessa, huokoisessa ympäristössä, jossa virtaus rakeisessa materiaalissa on hallitseva virtausmekanismi (esim. tasarakeinen hiekkakiviakviferi).

4 EHDOTETUT TOIMET JA RAJAUSARVIOINTI

Esitetty Hannukaisen kaivospaikka sijaitsee pohjois-eteläsuuntaisessa laaksossa noin 200 m merenpinnan yläpuolella (mpy). Vaaroja on alueen länsipuolella (Kivivuopionvaara; 245 mpy) ja itäpuolella (Kuervaara; 325 mpy). Hankkeeseen kuuluu kaksi louhosta – Hannukainen etelässä ja Kuervitikko pohjoisessa.

Louhoksiin liittyviin rakenteisiin kuuluvat:

- Hannukaisen kaivospaikalla kolme sivukivialuetta, selkeytysallas, murskain ja vedenkäsittelylaitos;
- Niesan laaksossa TMF, kaksi selkeytysallasta (pohjoinen ja eteläinen), tuotantolaitos ja vedenkäsittelylaitos; sekä
- Uusi tie, rautatie ja putkiverkko.

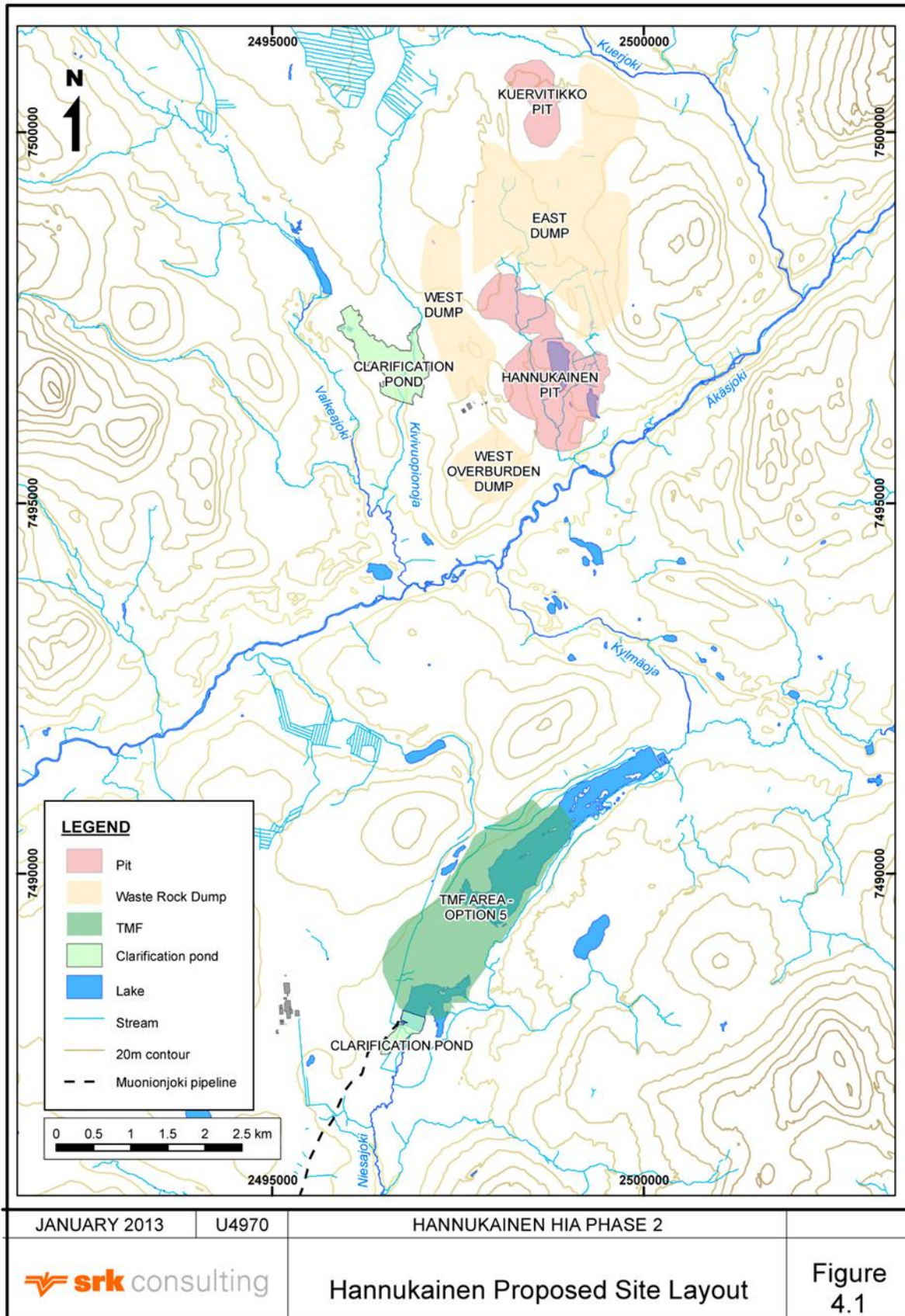
Esitetyn kaivospaikan pohjapiirros on kuvassa Kuva 4-1.

Esitetyn paikan lähistöllä ihmisillä on vain vähän käyttöä pintavesi- tai pohjavesivaroille (Northland, 2011a). Perustilaselvitykset (Northland, 2011a) ja keskustelut viranomaisten kanssa ovat kuitenkin osoittaneet, että joet, joihin hanke saattaa vaikuttaa (erityisesti Äkäsjoki ja Muonionjoki) ovat kriittisen tärkeitä kutujokia meritaimenelle (*Salmo truter*), joka on uhanalainen laji.

Lapin Vesitutkimus Oy:n kesällä 2007 tekemissä perustilaselvityksissä taimenta löytyi Äkäsjoen, Kuerjoen, Valkeajoen, Niesajoen ja Muonionjoen. Kalaston perustilatutkimuksessa (Ramboll, 2012a) kuitenkin todetaan, että "mitään tietoa ei ole saatavilla siitä, että Niesajossa olisi meritaimenkantaa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella (RKTL) ei ole yhtään sähkökalastuspistettä Niesajossa." Lisäksi kaivospaikan lähellä sijaitsee Saivojärven virkistysmetsä.

Koska alueella ei ole väestökeskittymiä, eikä pinta- tai pohjavesivaroja käytetä, tärkeimmät vastaanottajat ovat keskeiset kalalajit sekä kaivosalueen alapuolisen pintaveden vesiekosysteemin yleistila.

Kuva 4-1: Hannukaiseen esitetyn kaivoksen sijoittelu



P:\U4784 Rautuvaara HIA\ProjectData\GIS\0. mxd\Figures for reports\Phase 5 FINAL report\Figure 4-1 Site_Layout_PH2.mxd

4.1 Pintavesi

Kaivoksen infrastruktuuriin (mukaan lukien avolouhokset, sivukivikasat, TMF ja kaivoksen vesienhallintasuunnitelma) saattaa vaikuttaa pintaveden virtauksiin ja veden laatuun useissa lähellä laitosta olevissa vesistöissä (Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki, Kylmäoja ja Niesajoki) sekä alueen alapuolella sijaitsevilla suuremmilla joilla (Muonionjoki).

Tästä syystä on tarpeen määrittellä jokiekosysteemien nykyiset olosuhteet ja tunnistaa ne virtauksiin ja veden laatuun kohdistuvat vaikutukset, jotka saattaisivat vaikuttaa keskeisiin vastaanottajiin kaivospaikan alapuolella.

Vaikkei Suomen luoteisosissa yleensä näy paljoa ihmisen toiminnan vaikutuksia, Hannukaisen alue on ollut historiallisen kaivostoiminnan ja rikastushiekan läjityksen paikka. Nämä aiemmat toiminnot vaikuttavat lähtötilanteen olosuhteisiin tutkimusalueella.

Keskeiset pintaveden parametrit, jotka otetaan arvioinnissa huomioon, kuvataan taulukossa Taulukko 4-1.

Taulukko 4-1: Pintaveden keskeisten parametrien kuvaus

Keskeinen hydrologinen parametri	Tutkimisen syy
Virtaustiet ja valuma-alueet	Virtaustiet määrittävät vesistön hydrologisen verkoston ja kuvaavat yhteydet eri virtojen ja jokien välillä. Muutokset virtausteissa tai valuma-alueissa voivat vaikuttaa alajuoksun virtaamaan, pääsyyn vesistön ylemmille osille ja ravintoaineiden pääsyyn alajuoksulle.
Vuosivirtaama	Vuosivirtaama mittaa tutkimusalueen läpi virtaavan veden kokonaismäärää. Arviointi vuosivirtaaman muutoksen vaikutuksista kertoo hankkeen laajemmista vaikutuksista veden ja maan eliöiden käytettävissä olevalle vedelle.
Kuukausivirtaama	Tutkimusalueella virtaamat vaihtelevat läpi vuoden. Kuukausivirtaaman jakauma heijastelee lämpötilojen ja sademäärien vuosittaista kiertoa ja se on tasapainossa monien vesieliöiden luontaisen elinkaaren kanssa.
Alhaiset virtaamat	Vähimmäisvirtaama on välttämätön veden ekosysteemien säilyttämiseksi terveinä. Virtausolojen heikkeneminen voi vaikuttaa vesiorganismeihin ja vedenlaatuun.
Suuret virtaamat	Huippuvirtaamilla (eli tulvilla) on vaikutuksia ihmisten ja luonnon ympäristöön. Tulvat voivat aiheuttaa vahinkoja ja kuolemia, mutta myös tarjota luontaisen sedimentin ja veden lähteen, joka ylläpitää kosteikkoja ja tulvavesialueita jokien laaksoissa. Ne auttavat myös puhdistamaan kiviä joen uomia liiallisesta sedimentistä, joka kasaantuu alhaisen virtaaman jaksoilla. Tämä kivinen pohja on kriittisen tärkeä kalojen kudulle.
Vedenlaatu	Paikallinen joki on tunnistettu tärkeäksi kutujoeksi meritaimenelle (<i>Salmo truter</i>), joka on uhanalainen laji. Muutokset vedenlaadussa voivat vaikuttaa jokien kykyyn ylläpitää syntyperäisiä vesiorganismeja, erityisesti meritaimenta.

Vesiorganismien säilyttämisen kannalta ratkaisevina virtaamaparametreina pidetään niitä, jotka liittyvät virtausolosuhteisiin kalajoissa (Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki, Niesajoki ja Muonionjoki), sillä matalat virtaamat ovat ratkaisevan tärkeitä elinympäristön laadun ja määrän säilyttämiseksi talvi- ja kesäkuukausina, ja myös kutualueen suojelemiseksi altistumiselta (Northland, 2011b).

Kanavan muodosta riippuen suhteellisen pienetkin muutokset virtausolosuhteissa voivat vaikuttaa elinympäristöön. Lisäksi uudet rakenteet voivat johtaa virtaaman heikentymiseen, joka voi johtaa tasaisempaan virtaamaan läpi vuoden, joten myös virtaaman vaihtelu vuodenaikojen mukaan on myös tärkeä seikka.

Sen sijaan, vaikka myös suuret virtaamat ovat tärkeitä terveelle joen ekosysteemille, pienet muutokset suurissa virtaamissa eivät välttämättä aiheuta yhtä merkittäviä vaikutuksia vesieliöille. Kynnykset, joiden kohdalla tapahtuu merkittäviä vaikutuksia, määritellään ESIA-prosessissa vesibiologien ja muiden ammattilaisten kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen.

Kaivospaikkaa ympäröivät paikalliset joet on tunnistettu kriittisen tärkeiksi kutupaikoiksi meritaimenelle (*Salmo truter*), joka on uhanalainen laji. Muutokset vedenlaadussa voivat vaikuttaa jokien kykyyn ylläpitää syntyperäisiä vesiorganismeja, erityisesti meritaimenta, ja siksi on erittäin tärkeää arvioida hankkeen mahdolliset vaikutukset paikallisen hydrologian vedenlaatuun.

On syytä toistaa, että tämän HIA:n tavoitteena on arvioida esitetyn kaivostoiminnan vaikutuksia pintavesiresursseihin ja tuottaa tietoa ESIA:a varten. HIA pitää keskeisenä vastaanottajana pintavesijärjestelmää ennemminkin kuin paikallista ekologiaa. ESIA:ssa arvioidaan pintaveden virtaaman ja vedenlaadun muutosten vaikutukset paikalliseen ekologiaan.

Ensimmäinen tutkimusalueen arviointi niiden kaivostoimintojen selvittämiseksi, jotka saattavat merkittävästi vaikuttaa pintaveden määrään tai laatuun käynnistettiin tuloksin, jotka esitellään taulukossa 4-2 ja taulukossa 4-3. Muita mahdollisia vaikutuksia identifioitiin hankekuvausta ja perustilan luonnehdintoja laadittaessa, ja ne lisättiin taulukkoon 4-2 ja taulukkoon 4-3 niin, että nämä taulukot esittävät kattavan luettelon kaikista potentiaalisista vaikutuksista,

Mikäli jokin mahdollinen vaikutus on HIA:n tutkimusalueen ulkopuolella, tai mikäli määrällistä vaikutusarviointia ei tarvita, ne on suljettu pois tässä vaiheessa, eikä niitä oteta huomioon tämän raportin kvantitatiivisessa analyysissä. Muut keskeiset asiat käsitellään yksityiskohtaisesti tämän raportin myöhemmissä luvuissa.

Taulukko 4-2: Alustava pintaveden määrään ja virtaamaan liittyvien vaikutusten rajaus

Kaivoksen osa	Potentiaalinen vaikutus	Mahdollinen vaikutus keskeiseen hydrologiseen parametriin				Arvioitu yksityiskohtaisesti tai rajattu pois
		Vuosi- virtaama ja virtaustiet	Kuukausi- virtaamat	Alhaiset virtaamat	Tulva- virtaamat	
Rakentamisyksikkö						
Selkeytysaltaan ja ohijuuksutusrakenteiden rakentaminen Hannukaiseen	Muutoksia Kivivuopionojan ja sen myötä Valkeajoen virtaamassa	✓	✓	✓	✓	Vaikutusten odotetaan olevan samankaltaisia kuin muutokset toiminnan aikana. Tämän takia rakennusajan muutoksia ei arvioida erikseen, vaan ne käsitellään kaivostoimintaa käsittelevissä luvuissa.
Uusien patojen ja ohijuuksutusrakenteiden rakentaminen Niesan laaksoon	Muutoksia Niesajoen ja Kylmäjoen virtaamissa	✓	✓	✓	Muutokset liian pieniä, jotta ne vaikuttaisivat merkittävästi tulva- virtaamiin	Vaikutusten odotetaan olevan samankaltaisia kuin muutokset toiminnan aikana. Tämän takia rakennusajan muutoksia ei arvioida erikseen, vaan ne käsitellään kaivostoimintaa käsittelevissä luvuissa..
Kaivostoiminta						
Avolouhosten kuivatus	Saattaa vähentää pohjavaluntaa kaivosalueen vieressä oleviin jokiin seurauksena vähäisemmästä pohjaveden valunnasta (Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki)		✓	✓		Luku 6
Kaivoksen osien rakentaminen kaivosalueen sisällä olevien virtojen päälle ja vesienhallintasuunnitelma	Niesajoen vesistöön pumpattava liika vesi kaivosalueen rakennettavilta alueilta saattaa vähentää virtaamaa kaivosalueen lähellä olevissa joissa (Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki).	✓	✓	✓	Epätodennäköistä, koska valuma-alue liian pieni	Luku 6

Kaivoksen osa	Potentiaalinen vaikutus	Mahdollinen vaikutus keskeiseen hydrologiseen parametriin				Arvioitu yksityiskohtaisesti tai rajattu pois
		Vuosi- virtaama ja virtaustiet	Kuukausi- virtaamat	Alhaiset virtaamat	Tulva- virtaamat	
Kaivoksen osien rakentaminen kaivosalueen sisällä olevien virtojen päälle ja vesienhallintasuunnitelma	Kaivoksen peittoalueella olevien pienten luontaisten virtojen häviäminen	✓	✓	✓		Pieniä vesialueita poistetaan ja virtoja käännetään kaivoksen rakentamisen myötä. Kvantitatiivista analyysia ei tarvita.
Kaivoksen osien rakentaminen kaivosalueen sisällä olevien virtojen päälle ja vesienhallintasuunnitelma	Saattaa muuttaa virtaamia Äkäsjoen ja Valkeajoen, mikä vaikuttaa veden tasoon Saivojärven kosteikossa. Muutoksia Äkäsjoen ja Valkeajoen virtaamassa valuma-alueen pienentämisen seurauksena.	✓	✓	✓		Luku 6
Rikastushiekan läjittäminen Niesajoen laaksoon	Rautuvaaran TMF:n laajentaminen rikastushiekan läjittämistä varten muuttaa paikallisia virtausteitä laakson ympärillä, ja rikastushiekka peittää eteläisen altaan ja joitakin kosteikkoalueita nykyisen TMF:n lounaispuolella.	✓	✓	✓	Muutokset liian pieniä vaikuttamaan tulva- virtaamiin merkittävästi	Luku 6
Pohjoinen ja eteläinen selkeytysallas	Selkeytysaltaat rakennetaan Niesajoen laakson pohjois- ja eteläpuolelle. Vettä saattaa suotua altaista Kylmäojaan ja Niesajokeen.	✓	✓	✓	Suotoveden määrä liian vähäinen vaikuttamaan tulva- virtaamiin	Luku 6

Kaivoksen osa	Potentiaalinen vaikutus	Mahdollinen vaikutus keskeiseen hydrologiseen parametriin				Arvioitu yksityiskohtaisesti tai rajattu pois
		Vuosi- virtaama ja virtaustiet	Kuukausi- virtaamat	Alhaiset virtaamat	Tulva- virtaamat	
Vedenkäsittelylaitos	Vedenkäsittelylaitos käsittelee TMF:n korkearikkisen osan keräilyjärjestelmän vettä ja juoksuuttaa sen eteläiseen selkeytysaltaaseen. Tämän altaan vesi juoksuutetaan Muonionjokeen, mikä vaikuttaa virtauksiin Niesajokeen ja Muonionjokeen.	✓	✓	✓	Juoksutus- määrät liian pieniä vaikuttamaan tulva- virtaamiin	Luku 6
Kaikki kaivostoiminta	Voi muuttaa virtausta Muonionjoessa	✓	✓	✓	Virtaaman lisäys niin pieni, ettei vaikuta tulva- virtaamiin	Luku 6
Kaivospaikan vedenhallintapatojen peittäminen	Mahdollista, että virtaus Valkeajokeen ja Äkäsjokeen kasvaa		✓	✓	✓	Ei sisälly tähän arviointiin
Niesan padon peittäminen	Mahdollista, että virtaus Niesajokeen kasvaa				✓	Niesan pato on olemassa oleva pato, jolla on oma huolto- ja tarkastusohjelma. Padon peittämisen arviointi ei kuulu tähän arviointiin.
Sulkemisvaihe						
Kaivoslampien täytyminen	Jatkuva vaikutus jokiin menevään pohjavaluntaan, kunnes kaivoslampi on täyttynyt		✓	✓		Luku 6
WRD:en, TMF:n ja selkeytysaltaan hyödyntäminen	Mahdollisia muutoksia perustilaan kaivosalueelta tulevaan valuntaan verrattuna	✓	✓	✓		Luku 6

Kaivoksen osa	Potentiaalinen vaikutus	Mahdollinen vaikutus keskeiseen hydrologiseen parametriin				Arvioitu yksityiskohtaisesti tai rajattu pois
		Vuosi- virtaama ja virtaustiet	Kuukausi- virtaamat	Alhaiset virtaamat	Tulva- virtaamat	
Rautuvaaran TMF	Rautuvaaran TMF:n kaivostoiminnan loppuvaiheen laajuuden odotetaan pysyvän ennallaan sulkemisvaiheen alettua, ja vaikutukset hydrologiaan ovat samankaltaisia kuin toiminnan aikana	✓	✓	✓	Suotoveden määrä liian vähäinen vaikuttamaan tulva- virtaamiin	Luku 6
Vedenkäsitteilylaitos	Sulkemisvaiheen vedenlaadusta riippuen vedenkäsitteilylaitosta saatetaan joutua käyttämään toiminnan päättymisen jälkeenkin. Virtaus sulkemisvaiheessa on todennäköisesti alhaisempi kuin toiminnan aikana.	✓	✓	✓	Juoksutus- määrät liian pieniä vaikuttamaan tulva- virtaamiin	Luku 6

Taulukko 4-3: Alustava pintaveden laatuun liittyvien vaikutusten rajaus

Kaivoksen osa	Mahdollinen vaikutus	Arvioitu yksityiskohtaisesti tai rajattu pois
<i>Rakentamiskäytännöt</i>		
Veden pumpaaminen Laurinojan ja Kuervaaran louhoslammista selkeytysaltaaseen	Lisääntyvän eroosion mahdollisuus ilmastusportauksen lähistöllä, mikä johtaisi kasvavaan sedimenttikeräytteen ja vedenlaadun heikkenemiseen alajuoksuun vesistöissä	Ilmastusportaukko on keinoekologinen kanava ja siksi se voidaan suunnitella niin, että vältytään merkittävästä eroosiosta. Valvontatoimiin voi sisältyä kanavan alittimien osien vuorautaminen tai lohkeiden asettaminen kanavan uomaan. Koska haitallisten vaikutusten korjaamiseksi voidaan suunnitella tekninen ratkaisu, aiheita ei käsitellä tarkemmin tässä raportissa.
Uusien patojen ja ohjuusputkusrakenteiden rakentaminen Rautuvaaran TMF:n ympärille Rautuvaara TMF	Sedimenttipäästöjen tai nykyisen rikastushiekan siirtelyn mahdollisuus, mikä on vaikutuksia vedenlaatuun Niesajossa	Luku 6
<i>Kaivostointi</i>		
Suotovesi sivukivikasoista ja muista kaivoksen infrastruktuureista	Mahdollisia käsittelemättömän kaivoksen suotoveden päästöjä Äkäsjokeen, Kuerijokeen tai Valkeajokeen	Luku 6
Rikastushiekan läjitys Niesajoen laaksoon	Mahdollisuus heikkolaatuisen veden suotumiseen Niesan laaksoista rikastushiekan läpi paikalliseen pohjavesijärjestelmään. Tämä suotovesi voisi päästä Niesajokeen tai Kymäjoen Rautuvaaran TMF:n alapuolella.	Luku 6
Pohjoinen ja eteläinen selkeytysallas ja vedenhallintapadot	Hallitsematon altaiden käsittelemättömän veden pääsy Niesajokeen tai Kymäjoen	Luku 6
Vedenkäsittelylaitos	Käsittelylaitoksen poistovesi juoksuutetaan Muonionjokeen, mikä johtaa mahdollisiin muutoksiin Muonionjoen veden laadussa	Luku 6
Vedenhallintapadon pettäminen kaivospaikalla	Mahdollisuus käsittelemättömän veden pääsyyn Valkeajokeen, Äkäsjokeen ja Niesajokeen	Ei sisälly tähän arviointiin.
Niesan padon pettäminen	Mahdollisuus veden tai käyttämättömien kaivosten rikastushiekan pääsulle Niesajokeen.	Niesan pato on olemassa oleva pato, jolla on oma huolto- ja tarkastusohjelma. Padon pettäminen arviointi ei kuulu tähän arviointiin.
Kaikki kaivoksen toiminta	Saattaa muuttaa veden laatua Muonionjossa	Luku 6

Kaivoksen osa	Mahdollinen vaikutus	Arvioitu yksityiskohtaisesti tai rajattu pois
Sulkemisvaihe		
Louhoslampien täyttäminen	Mahdollisuus heikkolaatuisen veden päästöihin louhoslammin pohjaveteen tai pintaveteen	Luku 6
Suotaminen, valuminen tai päästöt kaivoksen rakenteista sulkemisvaiheessa	Mahdollisuus heikkolaatuisen veden päästöihin kaivospaikan infrastruktuureista vastaanottavaan ympäristöön	Luku 6
Rautuvaaran TMF	Suotaminen Rautuvaaran TMF:stä pohjavesijärjestelmään todennäköisesti jatkuu sulkemisvaiheen alottua. Tämä suotovesi voisi päästä Niesajokeen tai Kylmäjoaan Rautuvaaran TMF:n alapuolella.	Luku 6
Vedenkäsittelylaitos	Sulkemisvaiheen vedenlaadusta riippuen vedenkäsittelylaitosta saatetaan joutua käyttämään toiminnan päättymisen jälkeenkin, millä olisi jatkuvia vaikutuksia Muonionjoen veden laatuun.	Luku 6

4.2 Pohjavesi

Vaikka tärkeät kalalajit ja pintaveden vesiekosysteemin yleistila kaivosalueen alapuolella on identifioitu keskeisiksi vastaanottajiksi, on silti tarpeen pohtia pohjavesijärjestelmälle aiheutuvia vaikutuksia.

Pohjavesi Hannukaisessa on yleensä rajoittamatonta, mikä mahdollistaa yhteydet pohjavesi- ja pintavesijärjestelmien välillä. Osa sadannasta (sateista, lumen sulamisesta) kulkee kyllästymättömän vyöhykkeen läpi pohjavesijärjestelmään pohjavesimuodostuksena. Ja päinvastoin, pohjavesi tukee pintavesijärjestelmää lähteiden ja kosteikkojen kautta, ja yleisemmin pohjavaluntana jokiin.

Luoteisessa Suomessa väestötiheys on alhainen ja kaivospaikan lähistöllä ei ole kaupunkeja eikä kyliä; kuitenkin paikalliset kartat osoittavat, että Äkäsjoen ja Niesajoen varsilla on useita kesämökkejä:

- Pöyry (2010) toteaa, että Hannukaisen hankkeen lähistöllä on 15 kotitaloutta ja 45 loma-asuntoa, lähin talo on noin 100 m päässä vanhoista kaivoksista. Pohjavesikaivoja, jotka ovat yhteydessä paikalliseen pohjavesijärjestelmään, on löydetty kolmelta näistä kiinteistöistä, ja ne tarjoavat näille talouksille vedenlähteen. Samanlaista pohjaveden ottoa saattaa tapahtua myös muissa taloissa; ja
- Paikallisista kartoista löytyy yksi rakennus Niesajoen varrelta noin 5 km nykyisestä rikastushiekkalaitoksesta alaspäin, ja neljä muuta rakennusta noin 4 km kauempana alajuoksulla. SRK löysi hankepaikkakäynnillä pysyvän asunnon 250 m päästä nykyisestä TMF:sta.

Kaivostoiminta saattaa vaikuttaa esitetyn hankealueen sisällä sijaitseviin pohjavesiesiintymiin, (yksityiskohtaisempi selostus on luvussa 6.4.3). Kuitenkin ihmiset käyttävät akvifereja erittäin vähän ja Northland ostaa kaikki yksityiset kaivot ennen kaivostoiminnan aloittamista (M. Smith, Northland, henkilökohtainen kommentti).

Pohjavesi on tärkein kulkeutumistie, joka yhdistää mahdolliset lähteet (esim. WRD) alueen tärkeimpiin vastaanottajiin (eli jokiin). Tästä syystä, vaikka pohjavesiresursseja käytetään vain rajoitetusti, pohjaveden määrä ja laatu ovat silti tärkeitä siksi, että pohjavesi on kontaktissa pintavesijärjestelmän kanssa.

Keskeiset pohjaveden arvioinnissa käsiteltävät parametrit esitellään taulukossa 4-4.

Taulukko 4-4: Pohjaveden keskeisten parametrien kuvaus

Keskeinen hydrologinen parametri	Tutkimisen syy
Pohjaveden pinta	Pohjaveden pinnan taso kontrolloi pohjaveden ja pintaveden kontakteja, eli pohjavaluntaa jokiin. Se määrittelee myös kosteikkojen ja lähteiden paikat. Pohjaveden pinnan muuttuminen, esimerkiksi vedenpinnan lasku, joka johtuu louhoslampien kuivatuksesta, voi vaikuttaa paikalliseen kosteikkoekosysteemiin, pohjavedenottoon ja lähteisiin.
Hydraulinen johtavuus	Yhdessä pohjaveden pinnan kanssa pohjaveden alapuolisten rakenteiden hydraulinen johtavuus määrää pohjaveden virtauksen. Siksi hydraulinen johtavuus on keskeinen parametri saasteiden kulkeutumista ennustettaessa.
Vedenlaatu	Hankealueen lähistöllä on useita pohjavesiesiintymiä. Vielä tärkeämpää ehkä kuitenkin on että pohjavesi on potentiaalinen kulkeutumisreitti kaivoksen infrastruktuurien (esim. WRD, TMF) ja paikallisen jokiverkoston välillä. Siksi muutokset pohjaveden laadussa voivat vaikuttaa jokien vedenlaatuun ja siten jokien mahdollisuuksiin ylläpitää vesiorganismeja.

Alustavassa arvioinnissa määriteltiin sellaisia kaivostoimintoja, jotka voisivat merkittävästi vaikuttaa pohjaveden laatuun tai määrään. Tulokset esitetään taulukossa 4-5. Muita mahdollisia vaikutuksia identifioitiin hankekuvausta ja perustilan luonnehdintoja laadittaessa, ja ne lisättiin taulukkoon 4-5 niin, että nämä taulukot esittävät kattavan luettelon kaikista tutkimuksessa identifioituista potentiaalisista vaikutuksista.

Taulukko 4-5: Alustava pohjaveteen liittyvien vaikutusten raja

Kaivoksen osa	Potentiaalinen vaikutus	Mahdollinen vaikutus keskeiseen hydrologiseen parametriin		Arvioitu yksityiskohtaisesti tai rajattu pois
		Pohjaveden pinta	Vedenlaatu	
Rakentamisvaihe				
Nykyisten avolouhosten kuivatus	Saattaa johtaa vedenpinnan alenemiseen louhosten ympärillä, mikä vaikuttaa kosteikkoihin, puroihin, kaivoveden ottoon sekä pohjavaluntaan jokiin	✓		Luku 6
	Kasvillisuuden ja pintamateriaalien poistaminen korkearikkisen alueen pohjarakenteen valmistelemiseksi	Saattaa muuttaa suodantamääriä, mikä vaikuttaa paikalliseen pohjaveteen	✓	Vaikutusten odotetaan olevan samankaltaisia kuin muutokset toiminnan aikana. Tämän takia rakennusajan muutoksia ei arvioida erikseen, vaan ne käsitellään kaivostointintaa käsittelevissä luvuissa.
Kaivostointinta				
Avolouhosten kuivatus	Saattaa johtaa vedenpinnan alenemiseen louhosten ympärillä, mikä vaikuttaa kosteikkoihin, puroihin, kaivoveden ottoon sekä pohjavaluntaan jokiin	✓		Luku 6
Louhiminen akviferin läpi	Akviferit saattavat hävitä (osittain tai kokonaan) louhusta kaivettaessa	✓		Luku 6
Sivukivikasojen rakentaminen akviferien päälle tai kaltevasti niiden yläpuolelle	Akviferit saattavat vaurioitua WRD-suotamisen vuoksi, mikä heikentää pohjaveden laatua	✓	✓	Luku 6
Suotaminen WRD:sta, TMF:sta tai muista kaivoksen infrastruktuureista	Pohjaveden vedenlaatu saattaa muuttua, mikä vaikuttaa akviferiin ja jokien pohjavaluntaan	✓	✓	Luku 6
Korkearikkisen aineksen altaan pohjarakenne	Muutokset paikallisessa pohjavesitilanteessa mahdollisia siksi, että pohjavettä muodostuu vähemmän vuorauksen takia	✓		Luku 6
Pohjoinen ja eteläinen selkeytysallas	Akviferit saattavat vaurioitua suotamisen vuoksi, mikä heikentää pohjaveden laatua	✓	✓	Luku 6

Kaivoksen osa	Potentiaalinen vaikutus	Mahdollinen vaikutus keskeiseen hydrologiseen parametriin		Arvioitu yksityiskohtaisesti tai rajattu pois
		Pohjaveden pinta	Vedenlaatu	
Korkearikkisen rikastushiekan sijoittaminen nykyisiin veden täyttämiin louhoksiin Rautuvaarassa	Potentiaalisia vedenlaatumuutoksia paikallisessa pohjavedessä		✓	Louhosten pinta on paljas, mutta koska rikastushiekka jää täysin veden alle, ennustetaan, että rikastushiekka ei merkittävästi hapeu, ja Suotaminen rajoittuu kapealle reaktioalueelle. Louhoslampien vedenlaadun osalta ei tässä tutkimuksessa ole tehty erillisiä laskelmia, mutta laajemman Rautuvaaran vesistön vedenlaatuvaikutusten ennustaminen on huomioitu valumaveden laadun ennustamismallissa
Sulkemisvaihe				
Louhosten täyttämisen vedellä	Louhoslampien pinta määrää ympäröivän pohjaveden pinnan ja muuttaa tuonnollista pohjaveden pintaa.	✓		Luku 6
Louhosten täyttämisen vedellä	Mahdollisesti kontaminoitunut louhoslammen vesi suotautuu pohjavesijärjestelmään		✓	Luku 6
Rautuvaaran TMF	Pohjaveden vedenlaatu saattaa muuttua, mikä vaikuttaa akviferiin ja jokien pohjajaluntaan		✓	Luku 6

5 LÄHESTYMISTAPA NYKYTILANTEEN ARVIOINTIIN

Tämä luku esittelee sen lähestymistavan, joka valittiin perustilatietojen keräämiseen Rautuvaaran kaivospaikalta. Siihen sisältyvät:

- Sää tiedot;
- Pintaveden tiedot (virtaama, veden laatu); ja
- Pohjaveden tiedot (vedenkorkeus, veden laatu).

Informaatio on kerätty yhteen kuvaamaan hankepaikalla havaittuja olosuhteita, jotka selostetaan kappaleessa 6. Raportissa pyritään kuvaamaan paikan nykyisiä olosuhteita, mutta se ei muodosta lähtötilaselvitystä, joka ei kuulunut SRK:n toimeksiantoon, vaan sisältyi LVT:n (2008) tekemään tutkimukseen.

Tekstissä käytetään seuraavia termejä kuvaamaan tutkimusaluetta:

- 'Hannukaisen kaivospaikka' – Esitetyt avolouhokset, WRD:t, selkeytysallas ja niihin liittyvät infrastruktuurit Äkäsjoen pohjoispuolella;
- 'Nykyinen Rautuvaaran TMF' tai 'nykyinen TMF' – Nykyinen rikastushiekka-allas joka on jääne aiemmasta kaivostoinnista Rautuvaarassa;
- 'Esitetty Rautuvaaran TMF' tai 'esitetty TMF' – Uusi TMF sellaisena kuin Northland sitä esittää;
- 'Niesajoen vesistö' – Koko Niesajoen vesistö ylävesiltä yhtymäkohtaan Muonionjoen kanssa; sekä
- 'Niesajoen laakso' – Se Niesajoen valuma-alueen osa, joka sijaitsee välittömästi nykyisen ja esitetyn Rautuvaaran TMF:n ympärillä.

5.1 Ilmasto

5.1.1 Tietolähteet

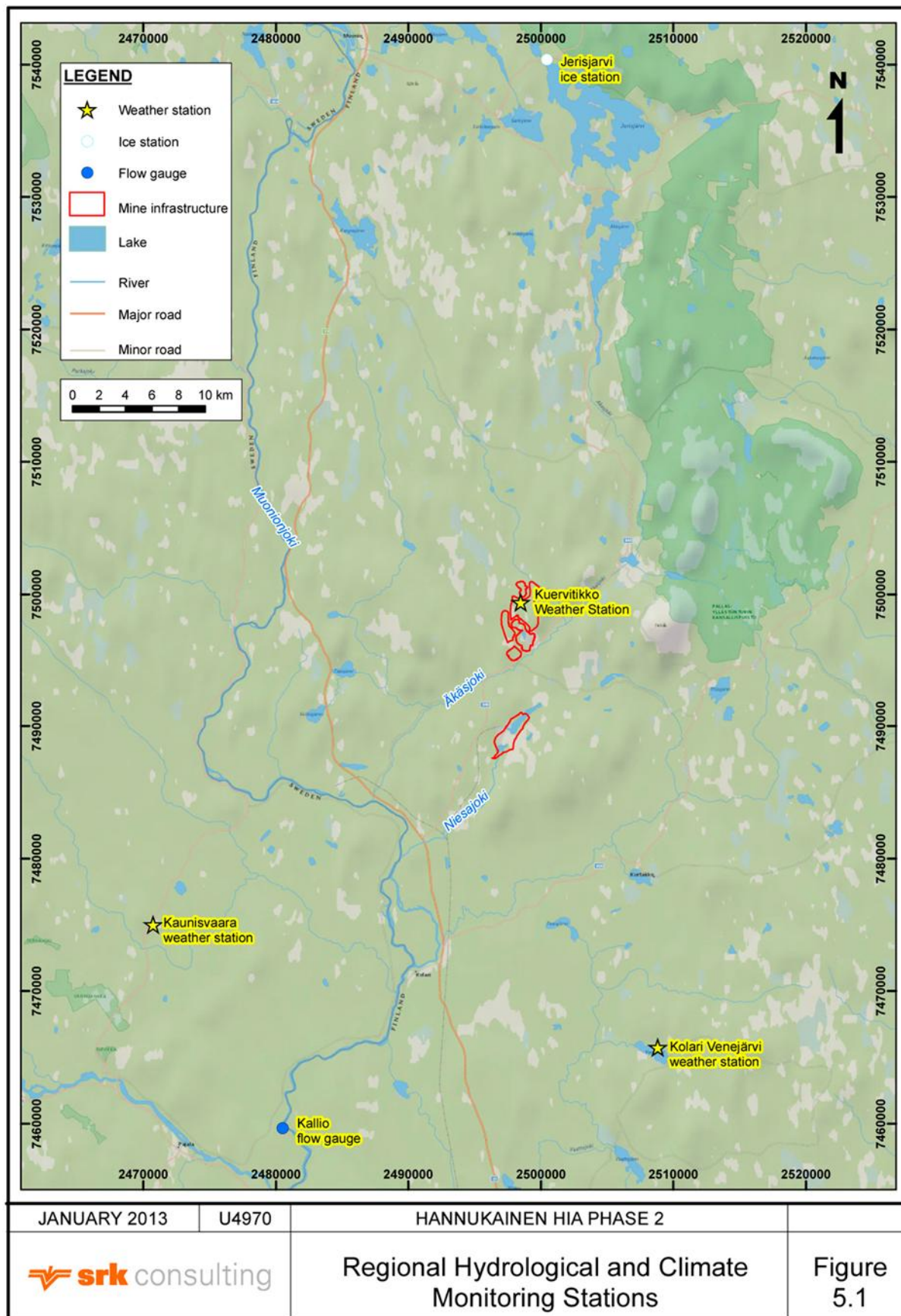
Rautuvaarasta ei ole mitään paikkakohtaista ilmastotietoa mutta Northland on asentanut sääaseman Hannukaisen kaivospaikalle, kuten näkyy kuvasta 5-1. Se on saanut epäviralliseksi nimeksen Kuervitikon sääasema (A. Haaparanta, Northland, henkilökohtainen kommentti). Seuranta asemalla alkoi 20. joulukuuta 2011. Mittaukset on kirjattu tunneittain 22. joulukuuta 2011 lähtien. Kuervitikon sääasema on ollut paikoillaan vajaan vuoden, joten vielä ei ole mahdollista päätellä vuodenaikojen trendejä tällä asemalla, eikä sieltä voida saada pitkän aikavälin sää tietoja.

Sää tietoja (lämpötila, sademäärä ja lumipeite) on saatavilla Ruotsin ilmatieteen ja hydrologian laitokselta (SMHI) lähellä sijaitsevan Kaunisvaaran sääaseman (18381) osalta vuosilta 1961–2007. Mittausasema sijaitsee noin 30 km hankepaikalta lounaaseen, ja sen katsotaan edustavan riittävän hyvin ilmastoa Hannukaisen ja Rautuvaaran ympärillä, koska se sijaitsee samalla korkeustasolla ja vastaavanlaisessa maastossa.

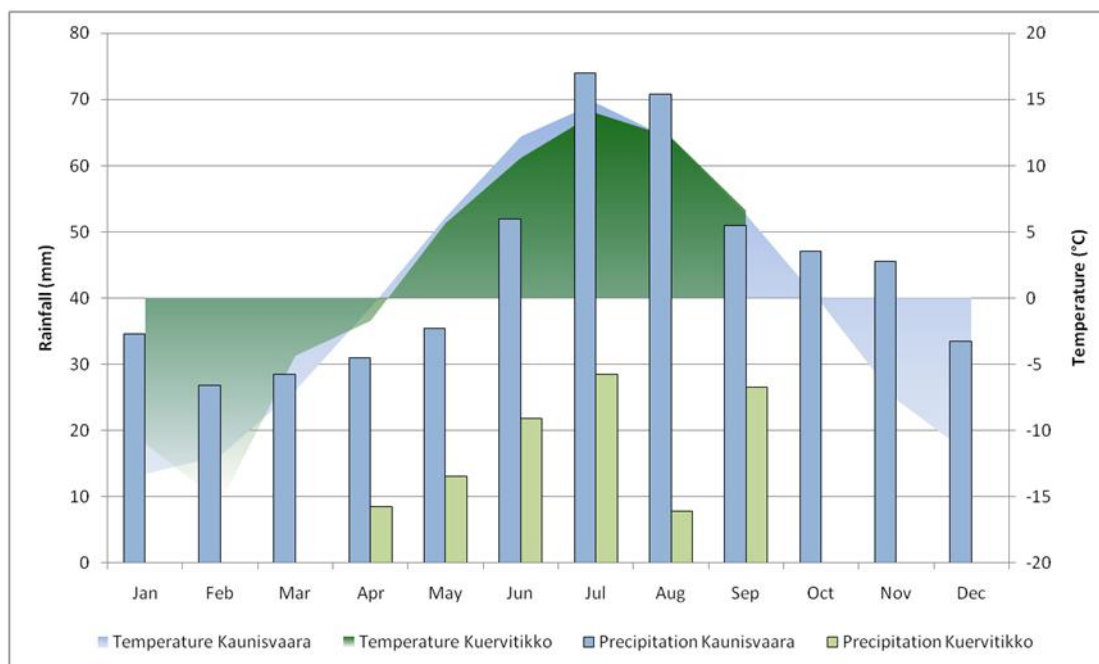
Kuvassa 5-2 näkyvät Kaunisvaaran sääasemalla kerätyt tiedot keskimääräisistä kuukausittaisista sademääristä ja lämpötiloista, ja ne näytetään rinnakkain Kuervitikon sääasemalta vuodelta 2012 saatavilla olevan kuukausittaisen aineiston kanssa. Molemmilla asemilla mitattujen

äärilämpötilojen välillä on hyvä korrelaatio, mutta sen sijaan sademäärätiedoissa on merkittäviä eroja, jotka vaativat jatkoarviointia Northlandin henkilökunnan taholta, sillä ne saattavat viitata ongelmiin Kuervitikon mittauslaitteessa.

Kuva 5-1: Alueelliset hydrologiset ja säänmittausasemat



P:\U4784 Rautuvaara HIA\Project\Data\GIS\0. mxd\Figures for reports\Phase 5 FINAL report\Figure 5-1 Site_Layout and Weather Station_PH2_GT.mxd



Kuva 5-2: Korrelaatiot kuukausilämpötilojen ja sademäärien välillä Kuervitikon (2012, Northland) ja Kaunisvaaran (1961–2007, SMHI) sääasemilla

Kaunisvaaran sääaseman mittaustietoja vuodelle 2012 ei ollut saatavilla tätä raporttia kirjoitettaessa. Siksi tässä vaiheessa ei ole mahdollista määrittää, johtuvatko sademäärätietojen ristiriidat erilaisista sadetilanteista eri mittauspaikoilla, vai siitä, että vuosi 2012 oli poikkeuksellinen.

Säätiöiden sijaan vuoden 2012 virtaamatiedot saatiin kahdesta virtaamanmittauspisteestä: toinen sijaitsee 85 km Hannukaisesta etelään Naamijoessa, ja toinen 70 km Hannukaisesta koilliseen Ounasjoessa Könkäällä. Vuoden 2012 mittaustietojen vertailu vuosien 1971 – 2011 kuukausittaisen keskivirtaamien kanssa (Taulukko 5-1) tuotti ristiriitaisia tuloksia. Ounasjoen mittauspisteessä virtaamat vuonna 2012 olivat selvästi suurempia kuin keskimääräiset virtaamat useimpina vuoden kuukausina, mikä viittaisi keskimääräistä suurempaan sademäärään. Kuitenkin Naamijoessa virtaamat kesäkuukausina olivat joko keskimääräisiä tai keskimääräistä alhaisempia, mikä viittaisi keskimääräisiin tai kuiviin sääolosuhteisiin. Suusanallinen tieto (Northlandin henkilökunta) viittaisi siihen, että virtaamat alkukesällä 2012 olivat tuntuvasti keskimääräistä suurempia; tarvittaisiin kuitenkin alueellisten sademäärien ja virtaamatietojen yksityiskohtaisempi analyysi, jotta voitaisiin tehdä varmoja johtopäätöksiä.

Siitä huolimatta, paikkakohtaisten pitkän aikavälin mittaustietojen sijaan Kaunisvaaran pitkän aikavälin säätiöitä on käytetty kuvaamaan Hannukaisen ilmastoa. Kaunisvaaran sääaseman mittaustietoja on käytetty perustana sademäärille Pöyryn (2012a) tutkimuksessa, ja tässä raportissa pyritään yhdenmukaisuuteen Pöyryn lähestymistavan kanssa, koska Pöyry on laatinut kaivoksen vesitaseen.

Muita tiedonlähteitä, joita on käytetty muiden tärkeiden säätietojen arviointiin, ovat:

- Keskimääräinen lumipeitteen paksuus, joka on mitattu SMHI:n mittausasemalla Kolarissa, saatu Pöyryn (2012a) esittämistä mittaustiedoista;
- Jään paksuustiedot Jerisjärvessä Muonion lähellä, 40 km Hannukaisesta pohjoiseen, saatu Pöyryn (2012a) esittämistä mittaustiedoista; sekä
- Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) mallin mukaiset haihtumisennusteet Hannukaisen alueen järville, saatu Pöyryn (2012a) esittämistä mittaustiedoista.

Taulukko 5-1: Vuoden 2012 virtaamatietojen vertailu alueellisilla virtaamanmittausasemilla

	Mitatut virtaamat Naamijoessa (m ³ /s)									
	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Joulukuu
2012 keskimäärin	3,8	2,9	2,3	2,0	43,2	36,1	14,1	4,3	8,0	17,3
Toistumisaika	Kuukauden keskivirtaamat 1971 – 2011 (m³/s)									
1/100 KUIVA	2,6	2,0	1,9	1,3	38,6	13,0	6,4	4,2	4,2	6,8
1/50 KUIVA	2,9	2,3	2,1	1,6	42,4	14,7	7,3	5,0	5,0	7,8
1/10 KUIVA	3,9	3,0	2,9	2,9	55,1	20,5	10,5	8,0	8,0	11,3
KESKIMÄÄRIN	6,3	4,9	4,7	7,7	85,1	35,7	19,3	17,7	17,5	21,0
1/10 SATEINEN	10,4	7,9	7,8	20,0	131,5	62,1	35,3	39,1	38,5	39,1
1/20 SATEINEN	11,9	9,0	9,0	26,3	148,8	72,6	41,9	48,9	48,1	46,6
1/50 SATEINEN	13,9	10,5	10,5	35,7	171,0	86,7	50,8	62,9	61,8	56,8
1/100 SATEINEN	15,5	11,7	11,7	43,8	187,6	97,6	57,7	74,5	73,1	64,8

Tummennetut toistumisajat kertovat, mihin toistumisjaksoon vuoden 2012 tiedot kuuluisivat.

	Mitatut virtaamatiedot Ounasjoessa (m ³ /s)									
	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Joulukuu
2012 keskimäärin	18,6	15,0	14,3	12,7	239,8	113,9	45,3	27,5	63,1	71,8
Toistumisaika	Kuukauden keskivirtaamat 1971 – 2011 (m³/s)									
1/100 KUIVA	4,9	4,2	4,3	2,8	36,3	16,3	8,5	6,0	7,5	8,6
1/50 KUIVA	5,2	4,4	4,6	3,1	40,8	18,9	9,8	7,1	8,7	9,8
1/10 KUIVA	6,1	5,2	5,3	4,4	57,0	29,0	14,2	11,4	13,1	14,0
KESKIMÄÄRIN	8,0	6,6	6,8	7,8	99,2	58,9	26,7	25,2	25,8	25,6
1/10 SATEINEN	10,4	8,5	8,8	13,6	172,7	119,8	50,0	55,7	51,0	46,6
1/20 SATEINEN	11,2	9,1	9,4	16,0	202,1	146,5	59,8	69,8	61,8	55,3
1/50 SATEINEN	12,2	9,9	10,2	19,1	241,1	183,6	73,1	89,8	76,7	67,0
1/100 SATEINEN	13,0	10,4	10,8	21,5	271,3	213,6	83,5	106,3	88,6	76,1

Tummennetut toistumisajat kertovat, mihin toistumisjaksoon vuoden 2012 tiedot kuuluisivat.

5.2 Pintavesi

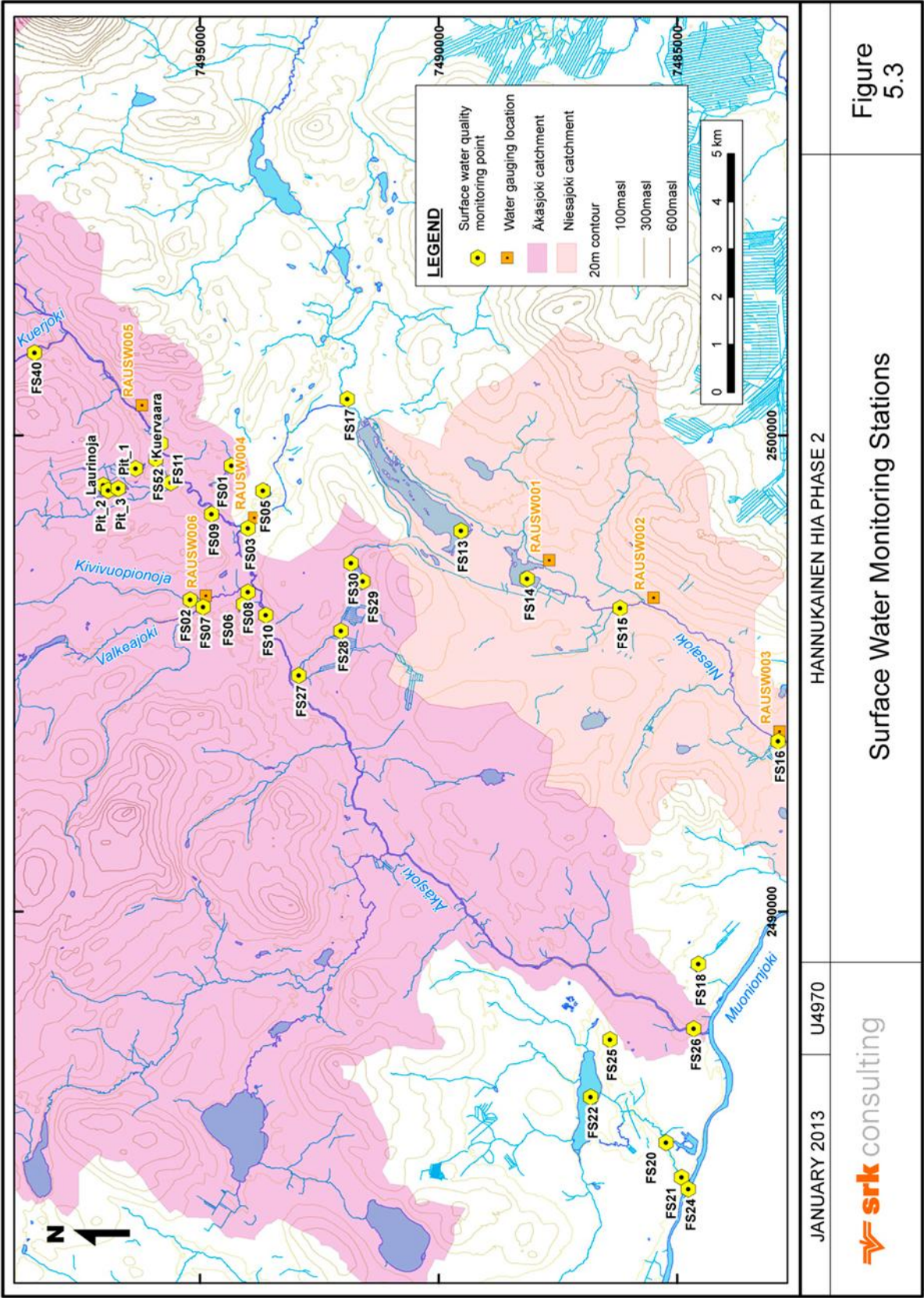
5.2.1 Tietolähteet

Hydrologiset ja vedenlaatutiedot on kerätty useista eri lähteistä:

- Pistemittaukset, toteuttajana SRK:n henkilökunta toukokuussa 2011;
- Virtaamatiedot Northlandin kesäkuussa 2012 asentamilta hydrologisilta mittausasemilta: jatkuvat virtaamatiedot ovat saatavilla heinäkuusta lokakuun loppuun, ja mukana ovat kunkin mittauspisteen purkautumiskäyrät, jotka on laskettu käytettävissä olleiden Northlandin henkilökunnan tekemien pistemittausten pohjalta. Nämä löytyvät liitteestä B;
- Alueelliset mitatut virtaamatiedot. Kerääjinä Suomen Ympäristökeskus ja alueelliset ympäristökeskukset kesäkuusta 1960 lähtien, saatavilla verkosta OIVA-tietokannasta, jota ylläpitää Suomen ympäristöhallinto;
- Vedenlaatutiedot: kerääjänä Northland toukokuusta 2007 lähtien (likimäärin kuukausittain kesäkuukausina); sekä
- Muut vedenlaatutiedot: kansallinen suomalainen tietokanta toukokuusta 1975 lähtien valikoiduilta mittauspaikoilta (likimäärin kuukausittain kesäkuukausina). Kaivospaikalla toteutetun johtavuustutkimuksen teki Northlandin henkilökunta lokakuussa 2012.

Kuva 5-3 osoittaa pintaveden seurantapisteiden sijainnin.

Kuva 5-3: Pintaveden seurantapisteet



P:\U4784 Rautuvaara HIA\ProjectData\GIS\0_mxd\Figures for reports\Phase 5 FINAL report\Figure 5-3 SW_Flow_Baseline_PH2.mxd

Hannukaisen suunnittelualueen (Rautuvaara mukaan lukien) sisällä sijaitsevia vesialueita ja vastaanottavaa ympäristöä on seurattu siitä saakka, kun kaivostoiminta alkoi alueella 1970-luvulla.

Lapin Vesitutkimus (LVT) toteutti Hannukaisen hankkeen tueksi vedenlaatu näytteiden otto-ohjelman vuosina 2007 ja 2008, kevätnäytteitä otti vuonna 2009 WSP Environmental Ltd ja sen jälkeen (kesästä 2009 kesään 2012) näytteitä on ottanut Northland. Kullakin näytteenottojaksolla yksi näyte on tyypillisesti otettu talvikuukausina, kaksi tai kolme näytettä lumien sulaessa touko- ja kesäkuussa, ja yksi tai kaksi näytettä myöhään kesällä ja syksyllä. Yhteenveto näytteenotto-ohjelmasta esitetään taulukossa 5-2.

Taulukko 5-2: Näytteenottotiheys 2007–2012

Jakso	Näytteiden määrä	Näytteenottojaksot	Näytteenottaja
8.5.2007 -16.7.2008	5	2 x toukokuu, elokuu, syys-lokakuu ja maaliskuu	Lapin Vesitutkimus
29.3.2009 -17.6.2009	3	Huhti-, touko- ja kesäkuu	WSP Environmental Ltd
18.6.2009 - 16.10.2009	2	Heinäkuu ja lokakuu	Northland
2010	5	Tammikuu, 2 x toukokuu, heinäkuu ja syyskuu	Northland
2011	5	Helmi-maaliskuu, 2 x toukokuu, kesäkuu, heinäkuu ja syys-lokakuu	Northland
2012	4*	Helmi-maaliskuu, 2 x toukokuu, kesäkuu ja heinäkuu	Northland

* Huomaa, että ylimääräinen seurantakerros toteutettiin syys-lokakuussa 2012, mikä nosti näytteiden kokonaismäärän viiteen vuonna 2012. Analyysia ei kuitenkaan saatu valmiiksi ajoissa sisällytettäväksi tähän tutkimukseen, ja siksi sitä ei ole otettu mukaan tähän taulukkoon.

Taulukko 5-3: Lapin Vesitutkimuksen, Jyväskylän yliopiston akkreditoiman Ambiotica-laboratorion ja ALS Scandinavia AB:n Luulajan laboratorion käyttämät havaitsemisrajat

Parametri	Yksikkö	Määritysrajat	
		Lapin Vesitutkimus	Jyväskylän yliopisto ja ALS Scandinavia AB
Suspendoituneet aineet	mg/L	-	1
Sähkönjohtavuus	mS/m	0,05	0,05
Ammoniakki	µg/L	3	3
Nitriitti	µg/L	4	4
Nitraatti	µg/L	-	1
Kloridi	mg/L	0,1	0,1
Sulfaatti	mg/L	2	2
Kalsium	µg/L	0,5	0,5
Kokonaisrauta	µg/L	10	10
Kokonaiskalium	mg/L	0,1	0,1
Kokonaismagnesium	mg/L	0,1	0,1
Kokonaisnatrium	mg/L	0,1	0,1
Kokonaisriikki	mg/L	-	-
Kokonaispii	mg/L	-	-
Kokonaisalumiini	µg/L	-	10
Kokonaisarseeni	µg/L	1	0,05
Kokonaisbarium	µg/L	-	-
Kokonaiskadmium	µg/L	1	0,002
Kokonaiskoboltti	µg/L	4	0,005
Kokonaiskromi	µg/L	3	0,01
Kokonaiskupari	µg/L	3	0,1
Kokonaiselohopea	µg/L	0,1	0,001
Kokonaismangaani	µg/L	3	3
Kokonaismolybdeeni	µg/L	-	0,05
Kokonaisnikkeli	µg/L	3	0,05
Kokonaislyijy	µg/L	4	0,01
Kokonaisstrontium	µg/L	-	-
Kokonaissinkki	µg/L	40	0,2
Kokonaisantimoni	µg/L	3	3
Kokonaisuraani	µg/L	-	-

Tiedot 20 keskeisestä näytteenottopisteestä otettiin huomioon tässä perustilaselvityksessä. Paikat on lueteltu taulukossa 5-4. Esitetyn kaivospaikan välittömässä läheisyydessä olevat näytteenottopaikat esitetään kuvassa 5-3, ja alueellisemmat näytteenottopaikat kuvassa 5-4.

Taulukko 5-4: Perustilaselvityksessä huomioitujen vedenlaatu- ja ottopaikat

Paikka Numero	Paikka (koordinaatit Y X)*	Joki	Näytteenotto- jakso	Näytteiden määrä	Paikka	Näytteen- ottaja
FS02	7498477 3368656	Kivivuopionoja	2007–2012	19	Ylävirtaan yhtymäkohdasta Valkeajoen kanssa	Northland Resources
FS03	7497191 3370098	Kylmäoja	2007–2012	24	Ylävirtaan yhtymäkohdasta Äkäsjoen kanssa	Northland Resources
FS04	7498757 3371132	Laurinoja	2007–2012	19	Laurinoja	Northland Resources
FS06	7497361 3368509	Saivojärvi	1982–1984, 1988 & 2007– 2012	94	Saivojärvi	Rautaruukki Oyj, Outokumpu Mining & Northland Resources
FS07	7498210 3368495	Valkeajoki	2007–2012	24	Kivivuopionojan yhtymäkohta	Northland Resources
FS08	7497256 3368759	Valkeajoki	1992 & 2007–2012	44	Ylävirtaan yhtymäkohdasta Äkäsjoen kanssa	Outokumpu Mining & Northland Resources
FS09	7497936 3370435	Äkäsjoki	1981–1984 & 2007– 2011	49	Alaspäin yhtymäkohdasta Kuerjoen kanssa	Rautaruukki Oyj, Outokumpu Mining & Northland Resources
FS10	7496907 3368263	Äkäsjoki	1983–1984 & 2007–2012	45	Alaspäin yhtymäkohdasta Valkeajoen kanssa	Rautaruukki Oyj, Outokumpu Mining & Northland Resources
FS11	7498931 3371965	Äkäsjoki	2007–2012	23	Ylävirtaan yhtymäkohdasta Kuerjoen kanssa	Northland Resources
FS12	7484130 3361390	Niesajoki	1999–2001, 2003– 2011 & 2007–2012	22	Niesajoen suu	Northland Resources
FS13	7492738 3369832	Niesajoen laakso	2007–2012	22	Niesan laakso, pohjoinen allas	Northland Resources
FS14	7491395 3368754	Niesajoki	2007–2012	22	Niesan laakso, eteläinen allas	Northland Resources
FS15	7489480 3368050	Niesajoki	1999–2001, 2004–2011 & 2007–2012	21	Välittömästi alavirtaan Niesan laaksosta	Northland Resources
FS16	7486310 3365090	Niesajoki	1999–2001, 2004–2011 & 2007–2012	22	Niesajoen keskijuoksu	Northland Resources
FS17	7494976 3372701	Vanha Niesajoki	2007–2012	20	Ylävirtaan Kylmäojasta ja Niesan laaksosta	Northland Resources

Paikka Numero	Paikka (koordinaatit Y X)*	Joki	Näytteenotto- jakso	Näytteiden määrä	Paikka	Näytteen- ottaja
FS23	7484843 3361019	Muonionjoki	2007–2012	22	Ylävirtaan yhtymäkohdasta Äkäsjoen kanssa	Northland Resources
FS24	7488640 3355795	Muonionjoki	1996,1999–2001 & 2007–2012	22	Ylävirtaan yhtymäkohdasta Niesajoen kanssa	Outokumpu Mining & Northland Resources
FS26	7488368 3359146	Äkäsjoki	1978, 1981– 2001 & 2007– 2012	156	Äkäsjoen suu	Rautaruukki Oyj, Outokumpu Mining & Northland Resources
FS30	7495068 336964	Rautuoja	2008–2011	13	Rautuoja ylävirtaan Rautujärvestä	Northland Resources
FS40	Tarkka paikka ei tiedossa	Kuerjoki	2010–2012	11	Ylävirtaan yhtymäkohdasta Äkäsjoen kanssa	Northland Resources

* Suomi Vyöhyke 3

5.2.2 Metodologia

Pintaveden virtaama

Vaikutusarviointi keskittyy pintaveden virtaamiin ja vedenlaatuun kuudessa keskeisessä joessa, joihin kaivoksen rakentaminen saattaa vaikuttaa:

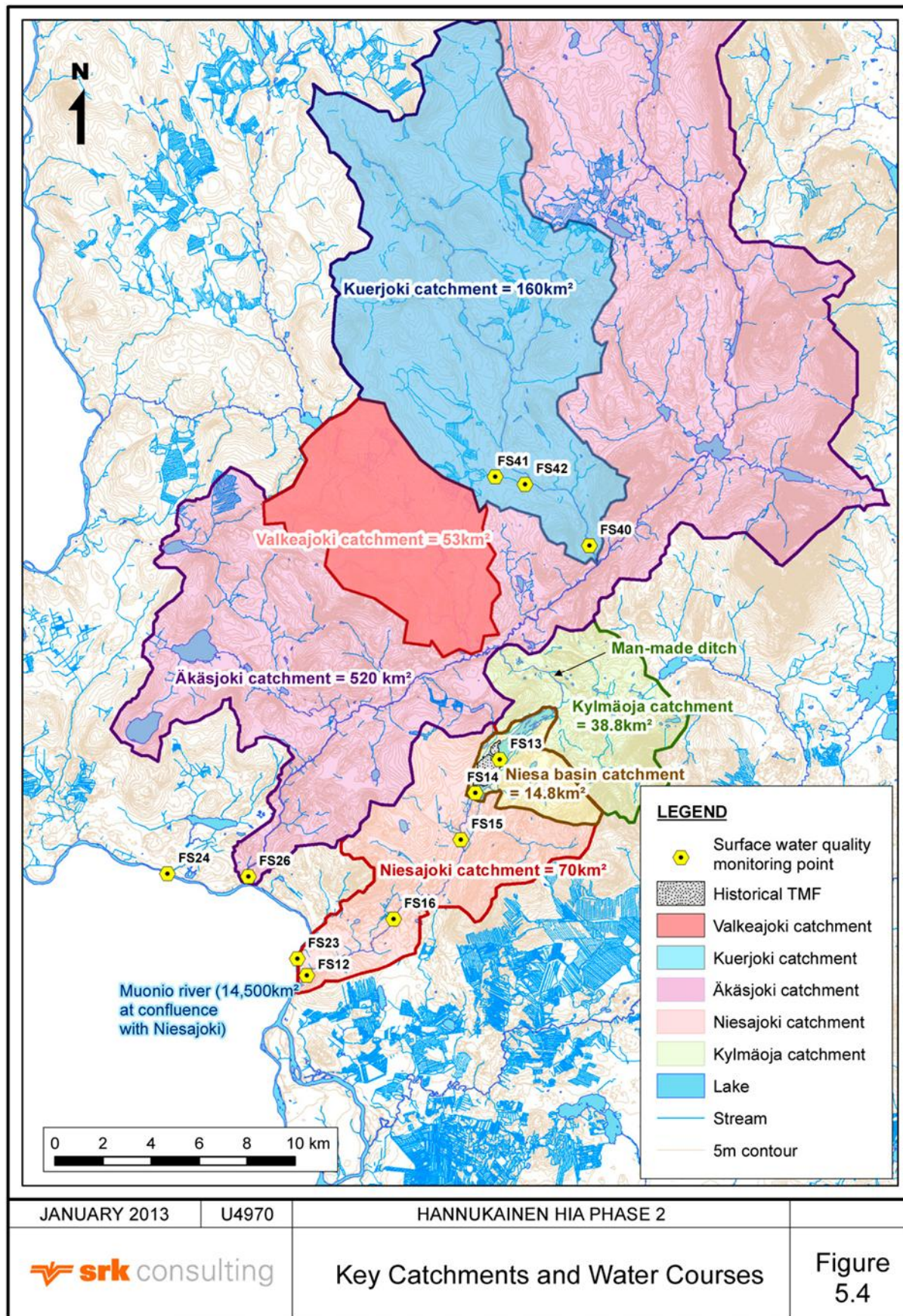
- Äkäsjoki;
- Kuerjoki;
- Valkeajoki;
- Niesajoki;
- Kylmäoja; ja
- Muonionjoki.

Tässä arvioinnissa käsitellyt keskeiset valuma-alueet ja vesistöt esitellään kuvassa 5-4 ja valuma-alueet on lueteltu taulukossa 5-5.

Taulukko 5-5: Arvioinnissa huomioidut keskeiset valuma-alueet

Valuma-alue	Valuma-alue (km ²)	Metodi, jota käytettiin keskeisten hydrologisten parametrien johtamiseen
Äkäsjoki yhtymäkohdassa Kylmäojan kanssa	520	Liitteessä C esitelty alueellinen analyysi
Äkäsjoki jokisuulla	650	Liitteessä C esitelty alueellinen analyysi
Kuerjoki jokisuulla	160	Liitteessä C esitelty alueellinen analyysi
Valkeajoki jokisuulla	53	Liitteessä C esitelty alueellinen analyysi
Niesajoki jokisuulla	70	Liitteessä C esitelty alueellinen analyysi
Kylmäoja virran suulla	40	Liitteessä C esitelty alueellinen analyysi
Muonionjoki yhtymäkohdassa Niesajoen kanssa	14 500	SMHI:n virtaamanmittausasemalla Kalliossa mitattujen tietojen analysointi

Kuva 5-4: Keskeiset valuma-alueet ja vesistöt



P:\U4784 Rautuvaara HIA\Project\Data\GIS\0. mxd\Figures for reports\Phase 5 FINAL report\Figure 5-4_Key_catchment_considered_in_the_assessment_PH2.mxd

Kuten luvussa 5.2.1 kuvataan, kuusi virtaamanseurantapistettä asennettiin Hannukaisen ja Rautuvaaran tutkimusalueilla sijaitseviin vesistöihin kesäkuun lopulla 2012. Tästä syystä, vaikka mittauspisteet tarjoavat mittaustietoja pitkään tulevana vuosina, näiltä mittausasemilta on toistaiseksi saatu tietoa vasta lyhyeltä ajalta. Vaikka lyhyen ajanjakson mittaustiedot voivat antaa jotain tietoa virtaamaolosuhteista, ne eivät välttämättä kuvasta oikealla tavalla vesistön keskimääräisiä tai tyypillisiä virtaamaolosuhteita. Siihen tarvitaan pitkän aikavälin mittaustietoja.

Tutkimusalueella pitkän aikavälin mittaustietoja on saatavilla vain Muonionjoesta. Muonionjoesta tietoja on mitattu Kalliossa noin 20 kilometriä Äkäsjoen yhtymäkohdan alapuolella ja lähellä Niesajoen yhtymäkohtaa. Tästä mittauspisteestä on käytössä virtaamatiedot yli 100 vuoden ajalta. Muista pienemmistä vesistöistä (Niesajoki, Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki ja Kylmäoja) ei ole pitkän ajan virtaamatietoja.

Koska tutkimusalueella olevista pienemmistä vesistöistä ei ole saatavilla pitkän aikavälin virtaamamittaustietoja, keskimääräiset virtausolosuhteet vesistöissä perustuvat alueellisen hydrologiseen analyysiin, jossa on käytetty saatavilla olevia virtaamamittaustietoja, joita ovat keränneet Suomen ympäristökeskus, alueelliset ympäristökeskukset (ELY-keskus) ja Ruotsin ilmatieteen ja hydrologian laitos (SMHI). Alueellisen analyysin yksityiskohdat esitetään liitteessä C. Lyhyesti tutkimusalueen vesistöjen keskeiset hydrologiset parametrit (taulukko 4-1) on johdettu ekstrapoloimalla tutkimusvesistöjen lähistöllä sijaitsevilta mittausasemilta saatuja tietoja. Tämä on standardimetodi hydrologisten parametrien arvioimiseen vesistöissä, joista ei ole saatavilla mittaustietoja.

Koska Muonionjoen osalta on hyvät virtaamanmittaustiedot, tämän joen osalta hydrologiset arviot perustuvat Kallion mittauspisteen virtaamatietojen analyysiin.

Tässä arvioinnissa käsitellyt keskeiset hydrologiset parametrit olivat:

- Vuosivaluma ja vuosivirtaama: Vuosivaluma mittaa valuma-alueen hydrologisia reaktioita. Se esitetään valuman syvyytenä millimetreissä tasattuna koko valuma-alueelle, mikä mahdollistaa suoran vertailun kokonaissademäärien kanssa. Valuma lasketaan jakamalla mittauspisteessä mitattu kokonaisvirtaama (m^3) valuma-alueen pinta-alalla (m^2);
- Kuukausittaiset kokonaisvalunnat ja kuukauden keskivalunnat: Kuukauden keskivalunnat antavat viitteitä vuodenaikojen mukaisesta vaihtelusta tutkimuspaikan virtaamisessa. Vaikutusarvioinnissa keskitytään vertailemaan kaivoksen rakentamista edeltävän ja sen jälkeisen ajan kuukausittaisia keskivaluntoja hankepaikan alapuolella sijaitsevilla vesistöillä. Kuukausittaiset valunnat ovat käyttökelpoinen pohja vaikutusarvioinnille, koska niiden avulla on mahdollista arvioida hankkeen toteuttamisen vaikutuksia eri vuodenaikoina ja erilaisissa virtausolosuhteissa (esim. suuremmat virtaamat lumien sulaessa ja alhaisemmat virtaamat kesäkuukausina); sekä
- Alhaiset virtaamat, kuten vuosivirtaama ja heinä-syyskuussa mitattu seitsemän päivän minimivirtaama: alhaisia virtaamia koskevat ennusteet ovat ehdottoman tärkeitä vesivarojen hallinnassa ja arvioitaessa vaikutuksia vesieläölle, sillä usein alhaisen virtaaman jaksot ovat kriittisiä elämän säilyttämiseksi kaikissa virroissa. On olemassa erilaisia osoittimia, joita käytetään alhaisten virtaamien kuvaamiseen, kaikkein tavallisista niistä on seitsemän päivän keskialivirtaaman mittaaminen. Keskialivirtaama on

määrätyllä ajanjaksolla, kuten vuoden tai vuodenajan aikana mitattujen alimpien seitsemän päivän jakson virtaamien keskiarvo. Seitsemän päivän Q_{10} -virtaama-arvoa käytetään usein vedenkäytön suunnittelussa ja se määritellään keskimääräiseksi alimmaksi seitsemän päivän jakson virtaamaksi, jonka voidaan olettaa toteutuvan 10 % todennäköisyydellä minä tahansa vuonna.

Vaikka tutkimusalueen vesistöjen keskeisten hydrologisten parametrien pohjaksi on otettu alueelliset virtaama-arviot, alueellisia tietoja on verrattu paikan päältä hydrologisista seurantapisteistä saatuihin tietoihin, jotka sisältyvät nykyisten olosuhteiden arviointiin luvussa 6.3.

Nykyisen Rautuvaaran TMF:n vesitaselaskelmat esitetään luvussa 6.3.4. Nämä laskelmat ennustavat virtausta TMF:ta ympäröivässä vesistössä sekä pohjoisen ja eteläisen altaan sadantaa ja haihduntaa. Lisäksi on tehty virtaama-arvioita keskeisille paikoille Äkäsjoen, Kuerjoen, Valkeajoen, Niesajoen ja Kylmäojan. Näiden virtaama-arvioiden pohjana on joukko yhtälöitä, jotka perustuvat keskivaluntaan, kuukausittaisiin virtaamajakaumiin (mikä osuus virtaamasta tapahtuu minkin kuukauden aikana) sekä valuma-alueisiin. Vuosittaiset virtaamat ja kuukausittaiset virtaamajakaumat kullekin vesistölle on laskettu liitteessä C. Valuma-alueet on mitattu käyttämällä saatavilla olevia alueen topografisia karttoja.

Kuukausivirtaamat on laskettu seuraavaa kaavaa käyttäen:

$$\text{Keskimääräinen kuukausivirtaama (m}^3\text{/kk)} = \text{vuotuinen kokonaisvalunta (m)} \times \text{valuma-alue (m}^2\text{)} \times \text{kuukauden aikana tapahtuva vuosivirtaaman prosenttimääräinen osuus (/kk)}$$

Pohjoisessa ja eteläisessä altaassa vuotuiset kokonaisvirtaamat, jotka johtuvat sadannasta ja haihtumisesta altaiden pinnalla, perustuvat laskelmaan:

$$\text{Vuosittainen kokonaisantoisuus altaan pinnalle (mm)} = \text{vuosisadanta (mm)} - \text{vuosihaihdunta (mm)}$$

Kuukausiosuudet on mallinnettu näin:

$$\text{Kuukauden keskimääräinen virtaus/poistovirtaus (m}^3\text{/kk)} = ((\text{vuoden kokonaissademäärä}) \times \text{kuukauden aikana tapahtuvan sadannan prosenttimääräinen osuus (/kk)}) - ((\text{vuoden kokonaishaihdunta (m)} \times \text{kuukauden aikana tapahtuvan haihdunnan prosenttimääräinen osuus (/kk)}) \times \text{altaan pinta-ala (m}^2\text{)})$$

Vuosisadannan, vuosihaihdunnan ja niiden kuukausittaisen jakaantumisen lähteitä käsitellään luvussa 5.1, ja arvot esitetään luvussa 6.1.

Pintaveden laatu

Yksityiskohtainen perustilan vedenlaatuarviointi raportoitiin julkaisussa *Surface Water Baseline Study of Sahavaara, Tapuli, Hannukainen, Rautuvaara and Äkäsjoensuu Project Area, 2011* (Northland, 2011a). Tämä raportti ei pyri toistamaan tai korvaamaan tuota tutkimusta. Tämä arviointi menee kuitenkin pidemmälle kuin Northland (2011a), koska tähän sisältyy vuonna 2012 kerättyjä vedenlaatatietoja.

Kaikki näytteet on otettu Suomen ympäristöhallinnon vedennäytteen otto-ohjeiden mukaisesti (Mäkelä et al 1992) ja kaikki ohjelmaan palkatut näytteidenottajat olivat joko Suomen Ympäristökeskuksen tai Ruotsin Naturvårdsverketin sertifioimia. Vesinäytteet, joista otettiin manuaalisesti 0.1 m – 0.2 m syvyydeltä joen pohjasta. LVT:n ottamat näytteet analysoitiin yhtiön omassa akkreditoidussa laboratoriossa. WSP Environmental Ltd:n ja Northlandin näytteet analysoitiin Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuslaitoksen valtuuttamassa Ambiotica-laboratoriossa ja ALS Scandinavia AB:n Luulajan laboratoriossa. Laboratorioiden käyttämät määritysrajat on lueteltu taulukossa 5-3. Kaikista metallinäytteistä analysoitiin vain kokonaismetallit, eli liuenneista metalleista ei ollut mitään mittaustietoja (suodatetut näytteet).

Tässä raportissa esitetty vedenlaadun arviointi tarjoaa yhteenvedon tässä arvioinnissa käsiteltyjä keskeisiä vesistöjä (Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki, Niesajoki, Kylmäoja ja Muonionjoki) koskevista vedenlaatatiedoista, ja raportissa lasketaan keski- tai mediaanipitoisuuksia² käytettäväksi vaikutusarvioinnin pohjana. Analyysissa verrataan myös perustilaselvityksen tietoja (suurimpia ja mediaanipitoisuuksia) Rambollin (2012b) kehittämiin paikkakohtaisiin vedenlaatatavoitteisiin (käsitelty luvussa 3.2) sellaisten keskeisten parametrien tunnistamiseksi, jotka otetaan mukaan vaikutusarviointiin.

Yleisesti on odotettavissa, että lisääntyneen suspendoituneen sedimenttikuoormituksen ja pintavalunnan vaikutuksissa on eroja eri vuodenaikojen välillä. Sen sijaan suolojen (esim. sulfaatti), joita havaitaan yleensä suurempina pitoisuuksina pohjavedessä kuin pintavedessä, pitoisuudet virtaavissa vesissä ovat yleensä suurempia alhaisen virtaaman aikoina, kun pohjavesi on hallitseva virtauksen lähde.

Käytettävissä olevien mittaustulosten vuodenaikavaihtelun analyysi vahvisti joitakin yllä kuvatun tyyppisiä yleisiä malleja, mutta erot eivät olleet johdonmukaisia, eivätkä aineiston kvantitatiiviset analyysit vahvistaneet niitä. Tämä voi johtua näytteenottotiheydestä;

² Yleensä käytettiin mediaanipitoisuutta eikä keskipitoisuutta. Hannukaisesta ja Rautuvaarasta saatujen vedenlaatatietojen määrä ei ole suuri, ne ovat peräisin erilaisista hydrologisista oloista ja usein parametrien joukossa on yksi tai kaksi vierasta havaintoa (korkea ja matala). Tässä tilanteessa vierashavainnot voivat vääristää keskiarot, mistä syystä mediaani edustaa aineistoa paremmin. Niinpä tässä tutkimuksessa esitetään taulukoissa yleensä mediaanit ja korkeimmat/matalimmat arvot, jotta ne osoittaisivat, millaisia erilaisia arvoja kaivospaikalla on havaittu. Mediaani saattaa väärentää sellaisten näytteiden tuloksia, joissa suuri osa mitatuista arvoista on ollut havaitsemisrajan alapuolella; näiden näytteiden osalta keskiarvon määrittää usein kuitenkin se, miten havaitsemisrajan alapuolella olevien näytteiden kanssa toimitaan (eli lasketaanko niiden arvoksi havaitsemisrajan arvo vai puolet siitä). Potentiaalinen vääristymä sen suhteen, eroaako keskiarvo paljon mediaanista, riippuu havaitsemisrajan alapuolella olevien arvojen määrästä verrattuna näytteiden kokonaismäärään. Tästä syystä mediaanien ja keskiarvojen valinta tehtiin parametrikohteisesti valiten sopivin tilastollinen menetelmä. Kaikissa tapauksissa mediaanin katsottiin edustavan aineistoa paremmin kuin keskiarvon.

kesäkuukausina näytteet on otettu kuukausittain tai joka toinen kuukausi, mutta talvi- ja kevätaikoina näytteitä otetaan vain kerran vuodessa, joten vedenlaatumäytteitä ei ole riittävästi, jotta voitaisiin tehdä vankkaa tilastollista analyysia pintaveden laadun vuodenaikavaihtelusta.

Jokien lisäksi vedenlaatumittausten tuloksia on arvioitu aiemman kaivostoiminnan louhoslampien vedestä Hannukaisessa ja Rautuvaarassa:

- Syvyysnäytteitä molemmista Hannukaisen louhoslammissa on otettu likimäärin vuosittain vuosien 2005 - 2008 välillä ja myöhemmin vuonna 2011. Vedenlaatua on verrattu Äkäsjoen vedenlaatumäärittämissä. On syytä huomata, että WQO:a käytetään vain vertailutarkoitukseen, eikä niitä ole kehitetty louhoslammissa, ja siksi louhoslampien vedenlaatua verrataan vain AV-arvoihin; ja
- Rautuvaarassa syvyysnäytteitä on otettu pienemmästä (itäisestä) louhoslammesta 16.1.2012 ja suuremmasta (läntisestä) lammesta 6.3.2012. Vedenlaatua verrataan Niesajoen seurantapisteen FS15 vedenlaatumäärittämissä.

Koska vuodenaikakohtaisia vedenlaatumittaus tuloksia ei ole käytettävissä, ei ole ollut mahdollista arvioida louhoslampien vedenlaadun vuodenaikavaihtelua tai limnologisia ominaisuuksia.

5.3 Pohjavesi

Pohjavettä on seurattu Hannukaisessa vuodesta 2007 lähtien, mutta ennen tätä tutkimusta pohjavesiolosuhteita Rautuvaarassa on tutkittu vain vähän. Tästä syystä keskeinen tavoite vaiheen 2 tutkimuksessa on ollut luoda pohjaveden seurantaverkosto Rautuvaaraan, jotta voidaan määrittää pohjavedelle perustila ja kehittää paikalle konseptuaalinen hydrogeologinen malli.

Tekstissä irtomaalla ja rapakalliolla viitataan mataliin ja syviin akvifereihin.

5.3.1 Tietolähteet

Hannukainen

Irtomaan ja kallioperän hydraulisia ominaisuuksia tutkittiin pääosin toukokuussa 2011 toteutettavuustutkimuksen kenttätöiden aikana (SRK, 2011); nämä tutkimukset ovat tärkein tässä raportissa käytettyjen hydraulisten mittaus tietojen lähde.

Pohjavettä on seurattu vuodesta 2007 lähtien, kuten taulukossa 5-6 kuvataan, mittauspaikat näkyvät kuvassa 5-5. Tarkempia tietoja pohjaveden laadun näytteidenotto-ohjelmasta on taulukossa 5-7.

Taulukko 5-6: Pohjaveden seuranta Hannukaisen kaivosalueella

Ajankohta	Kuvaus seurannasta / töistä	Kerääjä
Marraskuu 2007	Yksi vedenpinnan tason ja vedenlaadun mittauskierrös. Irtomaahan porattujen matalien havaintoputkien asentaminen osana alustavan maapohjan ja pohjaveden perustilaselvityksen kenttäkokeita.	Pöyry (Pöyry, 2008a)
Toukokuu 2011	Yksi vedenpinnan tason mittauskierrös sekä hydraulisia kokeita. Monitasokaivojen asentaminen irtomaahan ja kallioperään avolouhoksen vesienhallintatutkimuksen kenttätöissä sekä havaintoputkien manuaalinen asentaminen kairausreikiin eri puolilla aluetta.	SRK (SRK, 2012c)
Kesäkuusta 2011 eteenpäin	Neljä vedenlaatunäytteiden ottokierrosta (kesäkuu 2011, huhtikuu / kesäkuu / elokuu 2012). Vedenkorkeuksien seuranta kairausputkissa eri puolella aluetta lokakuusta 2011 lähtien. Noin 6 seurantakierrosta, epäsäännöllisesti, yleensä kevät- ja syyskuukausina.	Northland
Syyskuu 2011	Yksi vedenpinnan tason ja vedenlaadun mittauskierrös sekä hydraulisia kokeita. Väliaikaisten huokospainemittareiden asentaminen Äkäsjoen pohjaan ja vedenlaatunäytteiden ottaminen kairausputkista eri puolilta aluetta. Mittaustulokset eivät saatavilla tähän tutkimukseen.	Helsingin yliopisto (Salonen et al., 2012)

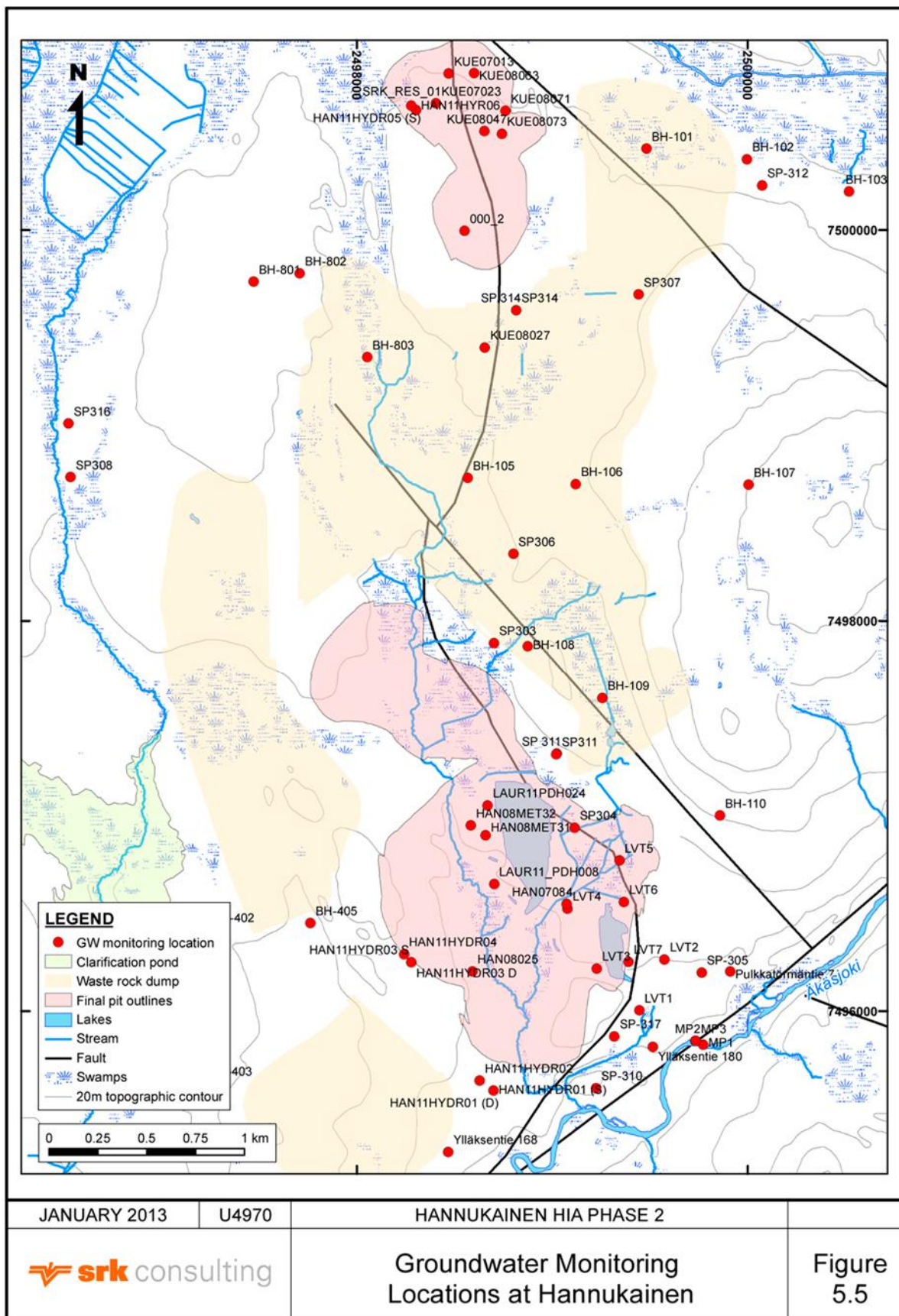
Taulukko 5-7: Pohjaveden laatu­näytteet ja analyysi Hannukaisessa

Näytteenottopaikka	Näytteiden määrä	2007	2008	2011	2012		
		Joulukuu	Kesäkuu	Kesäkuu	Huhtikuu	Kesäkuu	Elokuu
BH 101	5			1	1	2	1
BH 103	4			1		2	1
BH 109	4			1	1	1	1
BH 803	5			1	1	2	1
HAN OW 02D	4			1		2	1
HAN OW 02S	4				1	2	1
HAN OW 08D	5			1	1	2	1
HAN OW 08S	2					2	
KUE_OW_01D	5			1	1	2	1
KUE_OW_01S	4				1	2	1
KUE11GT04	5			1	1	2	1
LVT 6	4				1	2	1
LVT2-OW2s	1				1		
LVT3 30.6	1			1			
SP 303	1		1				
SP 304	1		1				
SP 305	6		1	1	1	2	1
SP 306	6		1	1	1	2	1
SP 307	1		1				
SP 308	1		1				
SP 310	6		1	1	1	2	1
SP 311	2		1	1			
SP 312	6		1	1	1	2	1
SP 314	6		1	1	1	2	1
SP 316	1		1				
SP 317	1		1				
Pulkka-törmäntie 7	1	1					
Ylläksen-tie 168	1	1					
Ylläksen-tie 180	1	1					

**Merkintöjen
selitykset:**

X	= tehtyjen analyysien määrä
	= koko analyysisarja toteutettu
	= koko analyysisarja toteutettu, mutta mahdollinen virhe tuloksissa, koska tärkeät kationit on kaikki raportoitu määritysrajan alapuolelle ja se näkyy heikkona ionitasapainona
	= suhteellisen korkeita kationitasoja, mikä näkyy heikkona ionitasapainona
	= kloridia ja sulfaattia ei raportoitu
	= kloridia, sulfaattia ja bikarbonaattia ei raportoitu
	= uraania ei raportoitu
	= vain tärkeimmät ionit raportoitu
	= vain tärkeimmät ionit raportoitu, lukuun ottamatta natriumia
	= mahdollinen virhe sulfaatin tuloksissa, mistä kertoo heikko ionitasapaino
	= koko analyysisarjasta puuttuvat pii, strontium ja uraani

Kuva 5-5: Pohjaveden seuranta- ja kaivosalueella



Rautuvaara

Pohjaveden tason ja pohjaveden laadun perustilan seuranta on ollut hyvin vähäistä ja se rajoittui aluksi vain kolmeen GTK:n kairausreikään, jotka sijaitsivat nykyisen rikastushiekka-altaan lähistöllä. Tästä syystä Northland pyysi SRK:ta suosittelemaan pohjaveden havainnointiputkille Rautuvaarassa. Näiden ylimääräisten huokospainemittareiden tarkoitus oli kahtalainen:

1. Mahdollistaa perustietojen kerääminen ja alueen tilan kuvaaminen; sekä
2. Luoda tarkkailuverkosto, jota voitaisiin käyttää kaivoksen toiminta-aikana jatkuvaan pohjaveden tarkkailuun.

Pohjaveden seurantaohjelma Rautuvaarassa on luotu pääasiassa ympäristötarkoituksiin, ja ohjelman tärkeimpänä fokuksena on saastuttavien aineiden kulkeutuminen. Oli odotettavissa, että kallioperä olisi rapautuneempaa ylempänä kuin syvemmällä, ja että kallioperän rapautunut osuus olisi läpäisevämpää kuin alla oleva kompetentimpi kallio, eli pohjavesi virtaa helpommin rapautuneessa kalliossa kuin kompetentimmissä kerroksissa. Siksi rapautunut kallio kuljettaa todennäköisemmin mahdollista kontaminaatiota TMF:sta lähellä oleville vastaanottajille.

Pohjaveden seuranta-putket Rautuvaarassa kohdistettiin irtomaahan, nykyiseen läjitettyyn rikastushiekkaan ja kallioperän ylimpiin 20 metriin, jotka määriteltiin todennäköisimmiksi kontaminaation kulkeutumisreiteiksi. SRK seurasi 24 monitasopainemittarin asentamista esitetyn TMF:n ympäristöön. Kairausreikäputkien asennus esitellään taulukossa 5-8. Yksityiskohtainen kuvaus siitä, miksi päädyttiin tällaiseen seurantaverkkoon, löytyy SRK:n raportista (2012b).

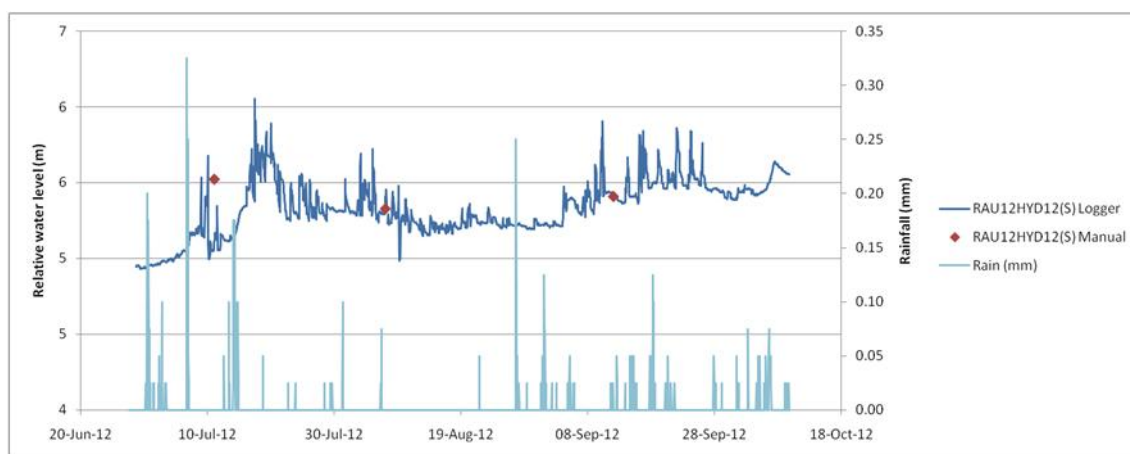
Taulukko 5-8: Yhteenveto huokospainemittausten ja pumppausten tavoitesyvyyksistä

Mittauspaikka	X	Y	Z (mmpy)	Poraus- syvyys (m)	Sullosora (S)			Sullosora (D)		
					Alkaen (m)	Asti (m)	Geologia	Alkaen (m)	Asti (m)	Geologia
RAU12HYD01	2496723.45	7489436.22	206.65	53	25,0	31,0	Irtomaa	48,0	54,0	Kallioperä
RAU12HYD02	2497594.3	7490110.37	197.6	48	21,0	27,0	Irtomaa	42,0	48,0	Kallioperä
RAU12HYD03	2497702.18	7489449.97	196.52	36	7,0	13,0	Rikastus- hiekkä	30,0	36,0	Montsoniitti / montsodioriitti/ graniitti
RAU12HYD03 (Mid)	2497702.18	7489449.97	196.52	21	14.5	17,5	Irtomaa: Turve ja sora	-	-	-
RAU12HYD04	2500246.55	7491790.59	189.73	26	2,3	4,5	Irtomaa	20,0	26,0	Kallioperä
RAU12HYD05	2497757.67	7490570.32	215.87	28	3,0	7,0	Irtomaa	22,0	28,0	Dioriitti
RAU12HYD06	2497147.17	7488641.9	190.76	34	5,5	11,5	Rikastus- hiekkä	26,0	32,0	Dioriitti
RAU12HYD07	2497278.4	7488956.49	192.17	37	6,5	12,5	Irtomaa: Savinen moreeni	28,0	34,0	Pegmatiitti
RAU12HYD08	2496221.29	7488412.12	197.97	36	9,0	15,0	Irtomaa Irtokiviä	30,0	36,0	Kallioperä
RAU12HYD09	2497006.78	7487815.61	193.99	43	16,0	22,0	Irtomaa: Sora ja hiekka	37,0	43,0	Kallioperä
RAU12HYD10	2497891.37	7487612.12	201.8	37	10,0	16,0	Irtomaa: Hiekka ja sora	31,0	37,0	Intermediaarine n vulkaaninen
RAU12HYD11	2497580.42	7487075.61	196.41	52	25,0	31,0	Irtomaa: Hiekka	46,0	52,0	Karsi
RAU12HYD12	2496607.03	7485775.64	176.52	46	19,0	25,0	Irtomaa	40,0	46,0	Amfiboli
RAU12HYD13	2496908.34	7487703.67	194.36	47	20,0	26,0	Irtomaa	41,0	47,0	Amfiboli
RAU12HYD14	2500604.31	7492299.72	190.35	26	2,5	5,5	Irtomaa: Hiekka ja sora	10,5	26,0	Granodioriitti / Dioriitti
RAU12HYD15	2500698.65	7491694.19	192.99	32	5,0	11,0	Irtomaa	26,0	32,0	Vulkaaninen
RAU12HYD16	2499159.67	7491477.67	205.09	32	5,0	11,0	Irtomaa	26,0	32,0	Dioriitti / montsodioriitti
RAU12HYD17	2498832.9	7491057.76	196.06	35	8,0	14,0	Irtomaa	29,0	35,0	Dioriitti
RAU12HYD18	2498009.13	7489134.52	194.28	23	1,8	4,0	Irtomaa: Montsodioriitti sia fragmentteja ja savea	17,0	23,0	Amfiboli
RAU12HYD19	2498535.48	7488601.15	213.95	51	34,0	40,0	Irtomaa: Hiekka	45,0	51,0	Irtomaa/ Kallioperä kontakti, graniittinen
RAU12HYD20	2498843	7489433.58	223.45	66	36,0	44,0	Irtomaa: Hiekka	52,0	66,0	Dioriitti
RAU12HYD21	2498465.7	7489613.27	194.69	40	12,0	18,0	Irtomaa: Hiekka	25,0	40,0	Dioriitti
RAU12HYD22	2495560.73	7488316.43	204.79	44	17,0	23,0	Irtomaa	38,0	44,0	Dioriitti
RAU12HYD23	2499409.68	7490429.7	215.43	63	36,0	42,0	Irtomaa	57,0	63,0	Dioriitti
RAU12HYD24	2495594.87	7486760.62	199.13	25	2,0	4,5	Irtomaa	19,0	25,0	Dioriitti / montsodioriitti

EHF asensi neljä paineanturia RAU12HYD-kairausreikiin, jotta saataisiin enemmän tietoa eri vuodenaikojen pohjavesitrendeistä, pohjavesijärjestelmän reaktioista ilmastoon, pohjaveden imeytymisestä ja pintavesi- ja pohjavesijärjestelmien välisistä kontakteista.

Rekisteröintiyksiköt asennettiin mittauspisteisiin RAU12HYD12(S)³, RAU12HYD12(D)³, RAU12HYD18(D)⁴ ja RAU12HYD20(D)⁵ kesäkuussa (Kuva 5-7). Mittauspisteiden sijoittamisen perustelut löytyvät SRK:n raportista (2012b).

Näytteenottotiheys syvissä putkissa on riittämätön, jotta voitaisiin tehdä vertailuja manuaalisen ja automaattisen seurannan tulosten välillä. Vertailu on kuitenkin tehty mittauspisteessä RAU12HYD12(S), se esitetään kuvassa 5-6.



Kuva 5-6: Mittauspisteessä RAU12HYD12(S) manuaalisesti ja automaattisesti kirjattujen pohjaveden pinnan tasojen vertailu

Syyskuun 2012 vedenpinnan mittaustietoja käytettiin manuaalisesti ja automaattisesti kirjattujen mittaustietojen korrelaation selvittämiseen, koska tämä oli vakain jakso automaattisen mittarin kirjauksissa. Voidaan nähdä, että elokuun mittaustulokset korreloivat kohtuullisen hyvin, mutta heinäkuun tulokset ovat jossain määrin ristiriitaisia. On myös selvää, että automaattimittauksilla saadaan selvästi manuaalisia mittauksia enemmän tietoa pohjaveden pinnan vaihteluista ja pohjavesijärjestelmän reagoinnista sateisiin.

Syyskuussa 2012 Rautuvaaraan tehtiin uusi kairausreikä RAU12HYD25. Suositus oli, että tuo kairausreikä ylittäisi kallioperässä noin 100 m syvyyteen, minkä uskotaan olevan rapautunutta kerrosta alempana. Kairausreikä porattiin kuitenkin vain 35,4 metrin syvyyteen maan pinnan alle (mbgs) ja siksi sitä ei voida käyttää määrittelemään kallioperän ominaisuuksia syvempänä tai todistamaan olettamusta siitä, että alla olisi rapakalliota.

Pohjaveden mittauksista Rautuvaarassa on yhteenveto taulukossa 5-9, ja mittauspisteet

3 RAU12HYD12 sijaitsee soisessa maassa alle 20 m päässä Niesajoen sivujoesta ja noin 100 m itään pintaveden seuranta-asemasta SW002, joka sijaitsee Niesajoessa

4 RAU12HYD18 sijaitsee hiukan kohonneella maalla, jota ympäröi soinen maasto, nykyisen rikastushiekan itäpuolella, jossa on alle 3 m irtomaata

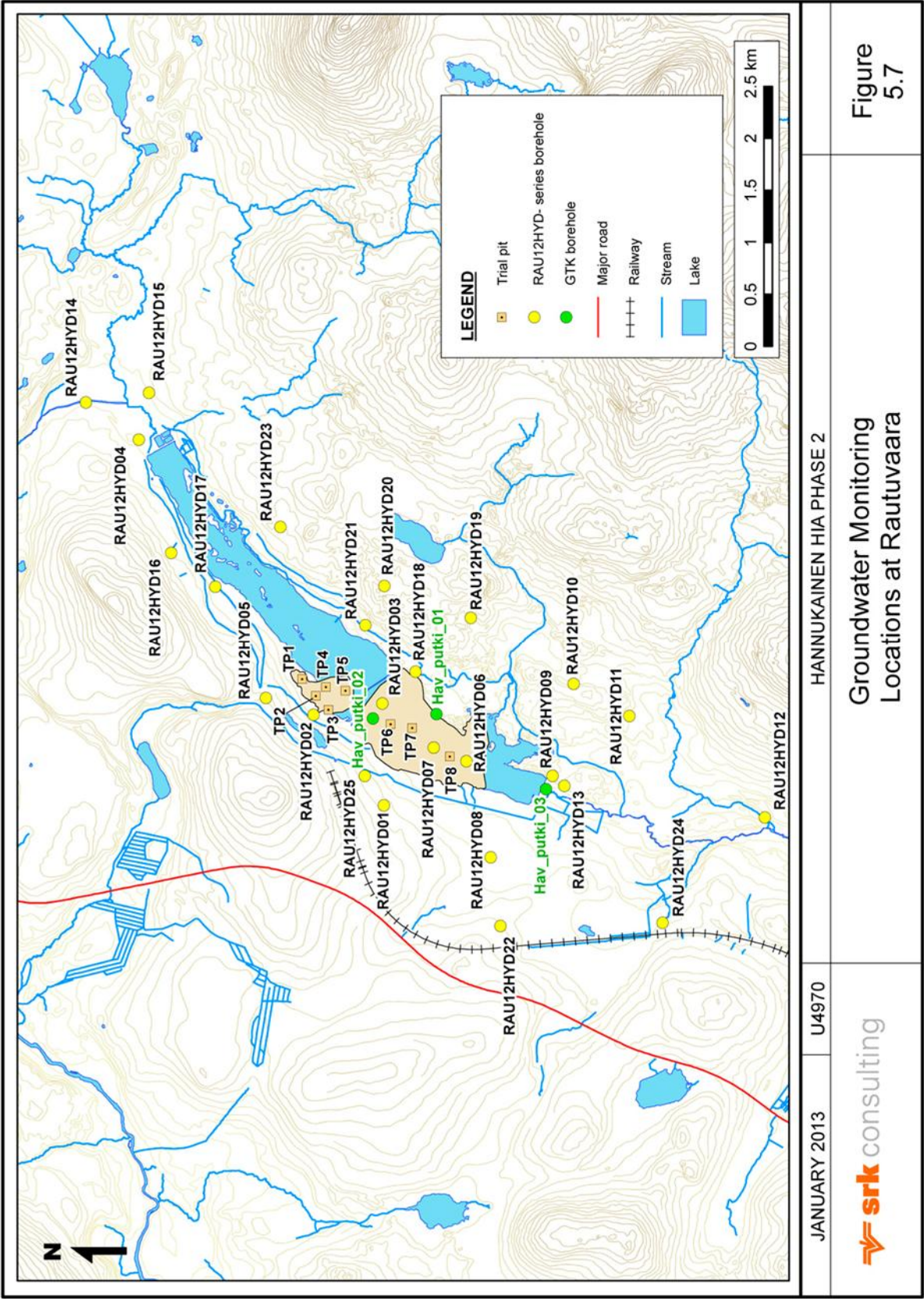
5 RAU12HYD20 sijaitsee soisessa maastossa mäen päällä rikastushiekan käsittelylaitoksen itäpuolella, jossa irtomaan paksuus on noin 46 m

näkyvät kuvassa 5-7.

Taulukko 5-9: Pohjaveden seurantapisteen Rautuvaarassa

Merkki	Kuvaus	Mittaustiedot
Hav_putki-	• 3 havaintoputkea • Asentanut GTK vuosina 2005 – 2006 • Syvyys (mitattu paikan päällä) 9 – 14 mbgs • Asennuksen yksityiskohtia ei tiedossa	Veden korkeus: • Kirjattu maaliskuussa 2012 ja sen jälkeen kuukausittain kesäkuusta 2012 lähtien Vedenlaatu: • Näytteitä kerätty maalisk-, touko- ja heinä-elokuussa 2012
RAU12HYD-	• 25 havaintoputkea • Suurin osa kairattu ja asennettu huhti-toukokuussa 2012, yksi lisäputki kairattu syyskuussa 2012 • Syvyys 21 – 66 m, kaikki porattu 20 m rikastushiekan alla olevaan kallioperään • Asennuksen yksityiskohdat liitteessä D	Veden korkeus: • Kirjattu kuukausittain kesäkuusta 2012 lähtien matalalla huokospainemittareilla • Kirjattu kesä- ja syyskuussa 2012 syvälle sijoitetuilla huokospainemittareilla • Rekisteröintimittarit asennettu kolmelle syväpainemittarille ja yhdelle matalalla olevalle painemittarille kesäkuussa 2012, ne kirjaavat mittauksia tunnin välein Vedenlaatu: • Yksi mittauskierros heinä-elokuussa 2012
SW-	• 2 TMF:n pintaveden suotausmittauspaikkaa	Vedenlaatonäytteitä kerätty kenttäkäynnillä heinäkuussa 2012
SWS-	• 2 WRD:n pintaveden suotausmittauspaikkaa	Vedenlaatonäytteitä kerätty kenttäkäynnillä heinäkuussa 2012
TP-	• 7 koekuoppaa - o 3 kuoppaa TMF:ssa (TP6, TP7, TP8) - o 4 kuoppaa WRD:ssa (TP2, TP3, TP4, TP5)	Vedenlaatonäytteitä kerätty kenttäkäynnillä heinäkuussa 2012

Kuva 5-7: Pohjaveden seurantapisteen Rautuvaarassa



5.3.2 Metodologia

Akviferin ominaisuudet

Akviferin ominaisuuksia Hannukaisessa tutkittiin toteutettavuustutkimuksen aikana ja ne on kuvattu yksityiskohtaisesti SRK:n raportissa (2011). Näytteisiin kuuluivat flow logging –kokeet, pumppauskokeet ja muuttuvapainekokeet. Lukija voi löytää tarkempia yksityiskohtia sanastosta, jossa on lyhyt yhteenveto tekniikoista, sekä SRK:n raportista (2011).

Rautuvaaran matalan irtomaan ja sen alla olevan rapautuneen kallion akviferin ominaisuuksia tutkittiin purkautumiskokeilla ja poran tunkeutumisnopeuden mittaamisella ja sen jälkeen seuraamalla pohjaveden korkeutta, tekemällä slug-kokeita ja muuttuvapainekokeita huokospainemittausputkissa. Lukija voi löytää tarkempia yksityiskohtia sanastosta, jossa on lyhyt yhteenveto tekniikoista, samoin kuin vaiheen 4 (SRK, 2012a). On syytä huomata, että:

- Purkautumiskokeita tehtiin vain noin minuutin ajan kullakin syvyydellä. Tämä ei riittä kuormittamaan ympäröivää kalliota ja saamaan aikaan kestävää myötämistä. Kokeen kesto riitti vain veden poistamiseen kairausreiästä, ja tämä näkyy tuloksissa jotka osoittavat, että purkautumiskokeen myötäys kasvoi syvemmälle mentäessä. Siksi kairausohjelman aikana tehtyjen purkautumiskokeiden tuloksia ei voida käyttää kallion hydraulisten ominaisuuksien määrittämiseen, eikä niitä ole käsitelty tarkemmin tässä tutkimuksessa; ja
- Kaikkiaan 40 slug-koetta tehtiin matalalle ja syvälle asennetuilla huokospainemittareilla mittauspisteissä RAU12HYD01 - RAU12HYD24. Mittaustulokset täytyi seuloa heikkolaatuisten testitulosten poistamiseksi. Yhdeksän Rautuvaarassa tehdyistä 40 slug-kokeesta katsottiin epäluotettaviksi. Yksityiskohdat niistä menetelmistä, joita käytettiin slug-kokeiden laadun analysoimiseen, esitetään liitteessä E.

Hydraulista johtavuutta arvioitiin slug-kokeiden ja muuttuvapainekokeiden tuloksista käyttämällä AQT SOLV:ta, joka on alan standardi ohjelmisto hydraulisten testien analysointiin.

Pohjaveden laatu

Perustilan analyysissä keskitytään Northlandin ottamiin vesinäytteisiin, jotka kerättiin sen jälkeen, kun kairausputket oli tyhjennetty manuaalisesti. Tyhjentäminen varmistaa, että näytteet edustavat paikallisen pohjaveden eikä kairausputkessa seisovan veden laatua. Tyhjennysmenetelmien yksityiskohdat on kerrottu SRK:n raportissa (2011).

Vesinäytteiden laboratorioanalyysit on otettu kokonaisuudessaan liitteeseen F. Näytteenottoaikojen sijainnit näkyvät kuvasta 5-7.

Käytettävissä olleet pohjaveden laatutiedot ja tutkimuspaikan pintasuotumistiedot analysoitiin, jotta voitiin määrittää keskeisten parametrien pitoisuudet näytteenottojaksolla. Vedenlaatutietoja verrattiin seuraaviin standardeihin:

- Hannukaisessa vedenlaatutietoja on verrattu juomaveden laatustandardeihin, jotka on määritelty asetuksessa STM 401/2001. Nämä standardit valittiin, koska alueella on II-luokan pohjavesiakviferi, ja alue sijaitsee lähellä yksityisiä kaivoja; ja
- Rautuvaarassa mittaustietoa verrattiin Niesajoen vedenlaatutavoitteisiin näytteenottoaikalla FS09, joka on kuvattu luvussa 3.2.

Rautuvaarassa on historiallista kontaminaatiota nykyisen rikastushiekka-altaan takia. Tästä syystä, jotta voitaisiin erottaa kontaminoituneen ja kontaminoitumattoman pohjaveden laatu, Rautuvaaran tulokset eroteltiin pohjaveden mittaustietoihin (syvä ja matala) ja pintavaluntaan. Tulokset jaoteltiin vielä erikseen sen mukaan, oliko näytteenottopiste nykyisen TMF:n vaikutusvyöhykkeen sisäpuolella vai ulkopuolella.

Nykyisen TMF:n vaikutusvyöhykkeellä matalalle poratuista tutkimusputkista saadut tulokset heijastelevat rikastushiekasta otettuja näytteitä, kun taas nykyisen TMF-vyöhykkeen ulkopuolella matalista putkista saadut tulokset ovat irtomaasta otettuja näytteitä. Syvät tutkimusputket edustavat kallioperästä otettuja näytteitä (Taulukko 5-9). Kairausputkien ja koelouhosten paikat näkyvät kuvassa 5-7.

Koska Rautuvaarassa on tehty vain yksi pohjavesinäytteiden ottokierros, veden laadun vaihtelusta ei ole pystytty tekemään tilastollista arviointia.

6 NYKYTILAN SELVITYS

Tässä raportissa esitetään Rautuvaaran alueelta kerätty perustila-aineisto, joka sisältää tietoa seuraavista:

- Ilmasto (meteorologinen aineisto);
- Geologia (geologia, struktuurit, pohjavesiesiintymien hydrauliset ominaisuudet);
- Pintavedet (virtaama, vedenlaatu); ja
- Pohjavedet (vedenpinnan korkeus, vedenlaatu).

Yhdistetyn aineiston pohjalta on kehitetty käsitteellinen hydrogeologinen malli, joka on kuvattu jaksossa 6.4.4.

6.1 Ilmasto

Kuvassa 5-2 esitetään sadannan ja lämpötilan vuosittainen vaihtelu Kaunisvaarassa vuosina 1961–2007. Sääaseman lämpötila-aineiston perusteella talvet (marras-huhtikuu) ovat kylmiä ja kosteita lämpötilan ollessa keskimäärin -5 °C - -15 °C , kesäkuukausien (kesä-elokuu) lämpötilan ollessa 10 °C - 15 °C .

Pöyry (2012a) on käyttänyt Kaunisvaaran sääaseman aineistoa sadannan lähtöarvoina Hannukaisen ja Rautuvaaran kaivosten infrastruktuurien vesitaseiden määrittämisessä. Vertailtavuuden vuoksi tässä arvioinnissa on käytetty samoja tietoja kuin Pöyryn (2012a) työssä. Keskimääräinen sadanta ja sadannan toistuvuus on esitetty taulukossa 6-1. Aineiston perusteella keskimääräinen sadanta on 528 mm, havaitun vuosisadannan minimiarvon ollessa 369 mm (vuonna 1968) ja maksimin 695 mm (vuonna 1992).

Kolarissa kunkin kuukauden viimeisenä päivänä mitattu keskimääräinen lumensyvyys on esitetty taulukossa 6-2 (Pöyry 2012a). Aineiston perusteella keskimääräinen lumensyvyys on suurimmillaan helmi-maaliskuussa, noin 0,7 m – 0,8 m. Kaunisvaaran sääaseman aineiston perusteella lumipeite kestää noin 183 päivää vuodessa keskimääräisen lumisademäärän ollessa noin 250 mm ja maksimisyvyyden 0,6 m – 1,2 m (syvyyden ollessa tyypillisesti suurimmillaan maaliskuussa).

Pöyry on hankkinut tiedot jään paksuudesta Jerisjärvestä, joka sijaitsee lähellä Muonion taajamaa, noin 40 km Hannukaisesta pohjoiseen. Kuukausittainen jään paksuus on esitetty taulukossa 6-2. Paksuimmillaan jää on maaliskuu- ja huhtikuussa noin 0,7 m. Jään paksuus riippuu monista tekijöistä kuten alueen korkeudesta ja veden syvyydestä, minkä vuoksi taulukon 6-2 tulokset eivät välttämättä kuvaa Hannukaisen olosuhteita. Koska Hannukainen ja Jerisjärvi sijaitsevat lähellä toisiaan, voi aineiston perusteella arvioida todennäköisen jään paksuuden, samoin jään muodostumistahdin ja ajoituksen odotetaan olevan samanlaisia.

Alhaisen lämpötilan vuoksi kaikki pintavesimuodostumat (lammet, järvet, joet) ovat jäässä talvella, jääpeitteisen kauden kestäessä marraskuusta huhtikuuhun, neljästä kuuteen kuukauteen vuosittain.

Tutkimusalueelle soveltuva haihdunta-aineisto on saatu Suomen ympäristökeskuksen SYKEN

mallista ja sen on raportoinut Pöyry (2012a). Kyseinen aineisto hankittiin tähän selvitykseen mukaan lukien kuukausittaiset ja vuosittaiset keskimääräiset kokonaishaihdunnat, jotka on esitetty taulukossa 6-2. Tulosten perusteella keskeiset kuukaudet avointen vesipintojen haihdunnalle ovat touko-syyskuu, haihdunnan ollessa suurinta heinäkuussa (79,2 mm).

Yhteenveto vesitaseen arvioinnissa käytetyistä tiedoista (sadannan jakautuminen kuukausittain, tehollinen sadanta, haihdunta ja valunta) on esitetty taulukossa 6-3. 'Tehollista sadantaa' on käytetty laskettaessa aikaa siitä kun sadanta päättyy vesistöihin ottaen huomioon että tutkimusalueen talvikuukausien sadanta tulee lumena eikä vaikuta järven vesitaseeseen ennen kevään sulamiskautta. Tehollista sadantaa määritettäessä on siten oletettu, että kaikki talvikuukausina tapahtuva sadanta on lumena, ja tämä lumi sulaa touko- ja kesäkuun aikana. Siten talvikuukausien prosentuaaliset osuudet tehollisesta sadannasta ovat nolla (eli sadanta varastoituu lumena) ja kokonaissadanta tällä ajanjaksolla jyvittyy toukokuulle kuvastaen lumipeitteen sisältämän veden vapautumista sulamiskautena (taulukko 6-3).

6.1.1 Pohjaveden varastoituminen

Alueelta ei ole saatavilla pohjaveden varastoitumista koskevaa aineistoa. Siksi SRK on kehittänyt yksinkertaisen kuukausittaisen vesitasemallin Äkäsjoen valuma-alueelle pohjaveden varastoitumisen arvioimiseksi. Koska maasto ja maaperä ovat samanlaisia Rautuvaarassa ja Hannukaisessa, saatuja arvoja on sovellettu koko hankealueella.

Mallin ennuste pohjaveden varastoitumiselle on 74 mm vuodessa. Arvo edustaa sadetta, joka suodattuu kapillaarivyöhykkeen läpi (eli tehollinen sadanta – valunta).

Tarkemmat tiedot on esitetty liitteessä G ja SRK (2011a).

Taulukko 6-1: Tässä työssä käytetyt keskimääräiset kuukausi- ja vuosisadannat Kaunisvaaran sääasemalla

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Vuosi
Keskimääräinen sadanta (mm)	34,5	26,7	28,5	31	33,9	52	74	70,8	50,9	47,1	45,5	33,5	528,4
20 vuoden minimi (mm)	20,7	16	17,1	18,6	20,3	31,2	44,4	42,5	30,6	28,3	27,3	20,1	317,1
20 vuoden maksimi (mm)	48,4	37,4	40	43,4	47,4	72,8	103,6	99,1	71,3	66	63,7	46,9	740
50 vuoden minimi (mm)	17,3	13,4	14,3	15,5	16,9	26	37	35,4	35,5	23,6	22,8	16,8	274,5
50 vuoden maksimi (mm)	51,8	40,1	42,8	46,5	50,8	78	111	106,2	76,4	70,7	68,3	50,3	792,9

Taulukko 6-2: Tässä työssä käytetyt keskimääräiset kuukausi- ja vuositiedot jään paksuudesta, lumen syvyydestä ja haihdunnasta

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Vuosi
^a Jään paksuus (mm)	520	600	680	690	0	0	0	0	0	0	230	400	3120
^b Lumen syvyys (mm)	625	760	749	287	0	0	0	0	0	68	246	424	3159
^c Haihdunta (mm)	0	0	0	0,9	31,4	67,8	79,2	65,5	29,9	10,9	1,0	0	286,6

^a Jerisjärvi Muonio, 40 km Hannukaisesta pohjoiseen. Pöyry (2012 a), lähteenä SYKE:n HERTTA tietokanta Aineisto ajalta 1990 – 1990/vuodelta 1990.

^b Kuukauden viimeinen päivä, Kolari. Tarkempi aineisto Pöyry (2012)

^c Pöyry, aineisto SYKE

Taulukko 6-3: Vesitaseiden laskennassa käytetyt kuukausijakaumat

Prosenttia vuoden kokonaismäärästä													
Muuttuja	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Vuosi
Sadanta	6,5	5,1	5,4	5,9	6,4	9,8	14,0	13,4	9,6	8,9	8,6	6,3	100
^a Tehollinen sadanta	0,0	0,0	0,0	0,0	44,2	9,8	14,0	13,4	9,6	8,9	0,0	0,0	100
Haihdunta	0,0	0,0	0,0	0,3	11,0	23,7	27,6	22,9	10,4	3,8	0,4	0,0	100
Valuma-alueen valunta	2,7	2,0	2,0	4,1	32,6	15,0	7,7	7,3	7,5	8,7	6,5	3,9	100

^a Selitykset tekstissä

6.2 Geologia

Alueen kallioperä muodostuu pääosin intrusiivisista magnakivistä, metasedimenteistä ja metavulkaaniiteista. Alueella on tapahtunut lukuisia rakenteellisia deformaatioita. Peruskallion peittää kvartaarikauden maanpeite. Keskeiset geologiset yksiköt ja rakenteelliset deformaatiot on kuvattu yksityiskohtaisemmin seuraavissa luvuissa.

6.2.1 Kallioperä

Hannukainen

Hannukaisessa kaivosalueen itäosan (jalkapuoli) alapuolella on Karjalan kratonin paleoproterotsooisia suprakrustisia eli pintasyntyisiä kiviä. Nämä sisältävät pääosin Sodankylä-ryhmään kuuluvia loivasti länteen kallistuvia kvartsiitteja, fyliittejä ja kiilleliuskeita, joiden päällä on nuorempia metasedimenttejä kuten Sodankylä-ryhmään kuuluvia dolomiittista marmoria ja mustaliuskeita.

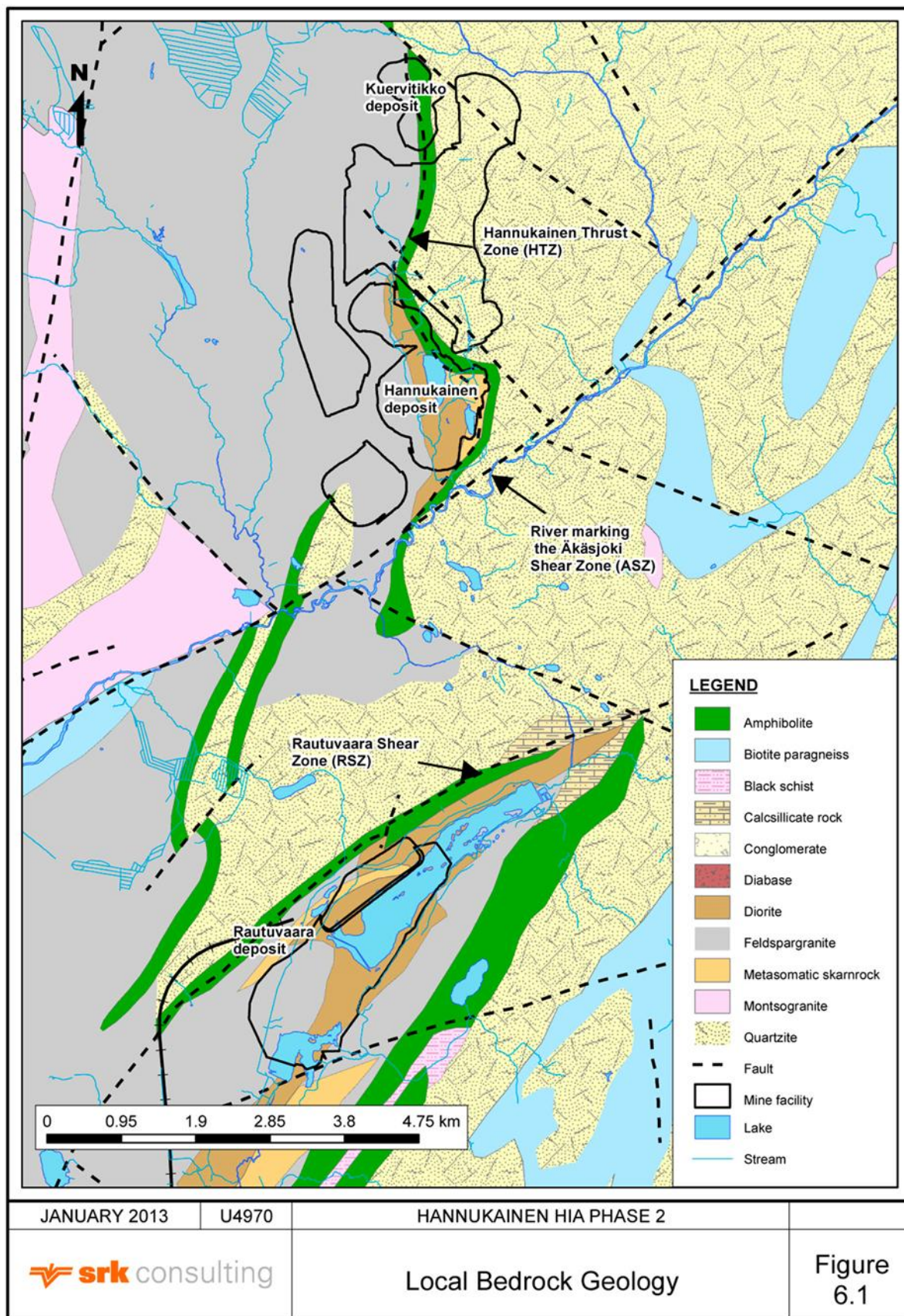
Kaivosalueen länsiosan (kattopuoli) alapuolella on nuorempia Norrbottenin kratoniin kuuluvan Haaparannan sviitin montsoniitti- ja dioriitti-intruusioita. Kolarin hierontovyöhyke (KTZ) (paikallisesti tunnettu Hannukaisen hierontovyöhykkeenä (HTZ)) sijoittuu Norrbottenin ja Karjalan kratonien väliin ja koostuu katto- ja jalkapuolen kratonisten kivilajien väliin sijoittuvasta IOCG mineralisaatiosta. Esiintymät ovat voimakkaasti suuntautuneita ja murtuneita mineralisaatiovyöhykkeiden sisällä ja niiden yhteydessä. Isäntäkivien metasomaattinen muutos tämän siirroksen läheisyydessä aiheutti karstin muodostumisen. IOCG-mineralisaatio sijaitsee tämän karstin sisällä.

Rautuvaara

Rautuvaarassa vanhin kallioperä sijaitsee kohteen kaakkoispuolella ja koostuu Karjalan kratonin kivilajeista (Niiranen et al. 2007). Niesan altaan alueen keski- ja länsiosa on pääosin Norrbottenin kratonia. Rautuvaaran malmion (koostuu Cu-Au-mineralisaatiosta) isäntänä ovat tämän kerrostuman klinopyrokseenivaltaiset karstikivet (GTK, 2010a). Malmio puhkeaa rinteeseen luoteen suunnassa olemassa olevasta rikastushiekka-altaasta.

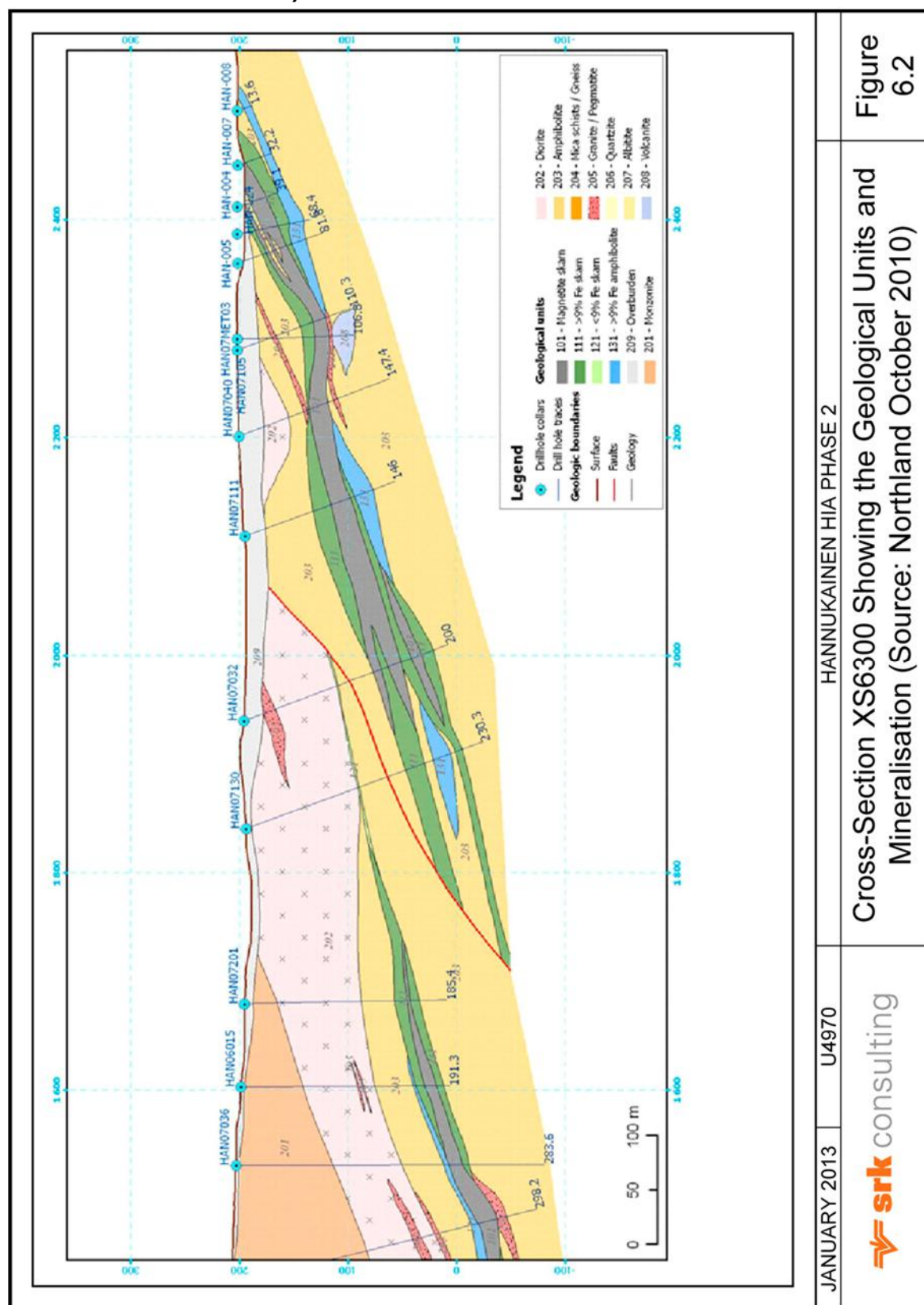
Alueen kallioperägeologiaa on esitetty kuvassa 6-1. Leikkauskuvat Hannukaisen ja Rautuvaaran esiintymistä näkyvät kuvassa 6-2 ja kuvassa 6-3.

Kuva 6-1: Alueen kallioperägeologiaa

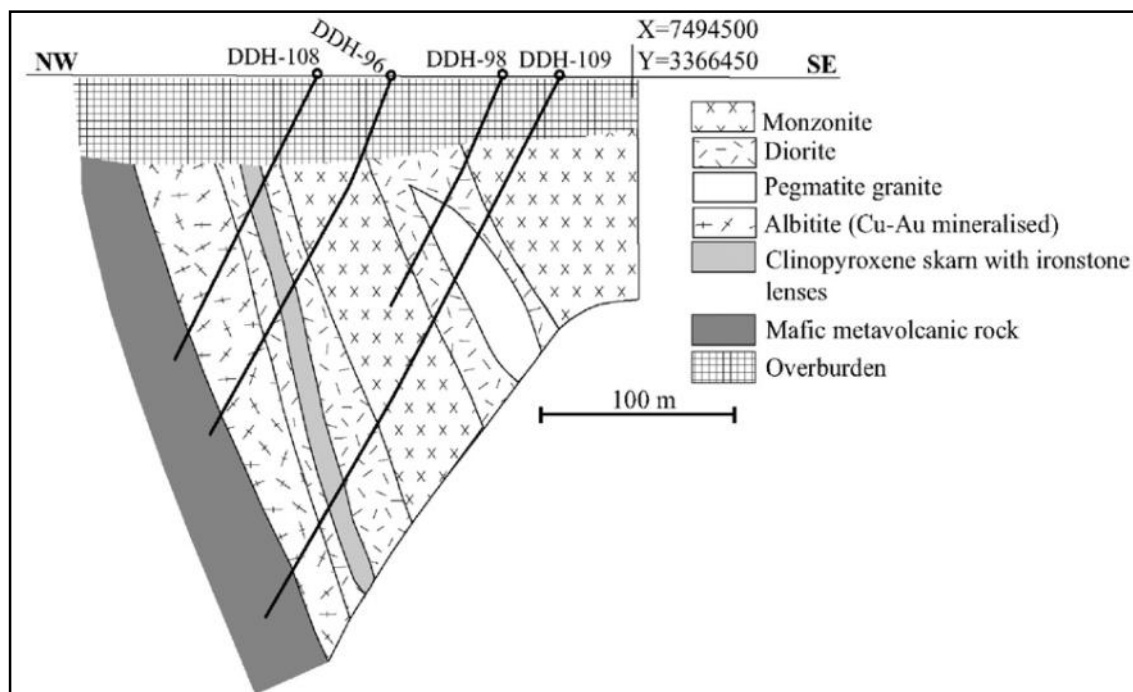


P:\U4342 Hannukainen DFS\Project\Data\GIS\Figure 6-1 Geology_PH2_HIA.mxd

Kuva 6-2: Geologiset yksiköt ja mineralisaatiot poikkileikkauksessa XS6300 (Northland lokakuu 2010)



P:\U4342 Hannukainen DFS\Project\CAD\Geol_Cross_Section_PH2_HIA.dwg



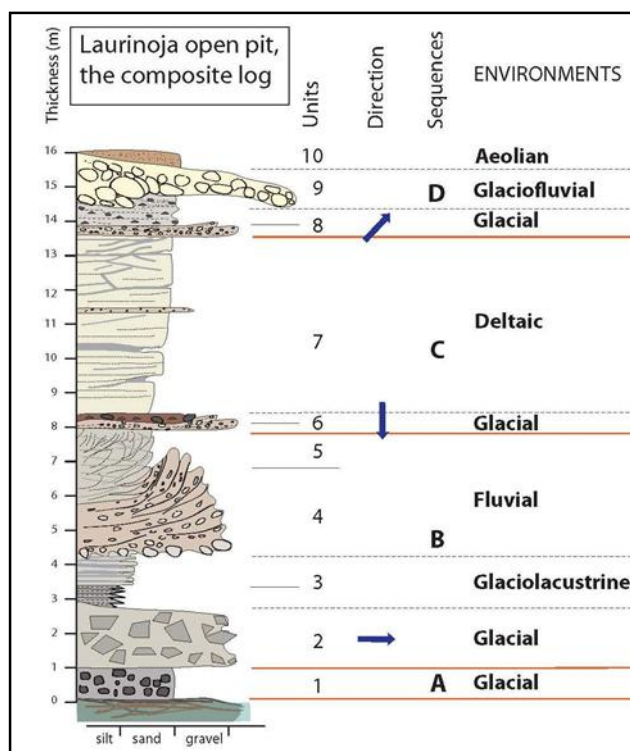
Kuva 6-3: Poikkileikkaus Cu-Rautuvaara -esiintymästä (Hiltunen (1982))

6.2.2 Maaperä

Hannukainen

Helsingin yliopisto on tutkinut Hannukaisen maaperän ominaispiirteitä yksityiskohtaisesti vuonna 2011. Maastotyöt koostuivat stratigrafisista luotauksista, maakerroksen paksuuden arvioimisesta ja pohjaveden pinnankorkeustason mittauksista.

Johtopäätöksenä oli, että sedimentaatioesiintymät ovat muodostuneet vähintään kolmessa eri vaiheessa, ja koostuvat pääasiassa fluviaali- ja glasiofluviaaliseen aktiivisuuteen liittyvästä hiekasta ja sorasta. Kuvassa 6-4 on esitetty Laurinojan avolouhoksen stratigrafinen leikkaus, joka sisältää noin 16 m sedimentaatiokerrostumia peruskalliosta nykyiseen maanpintaan. Leikkaukset muodostuvat 10 sedimentologisesta yksiköstä, joiden ajatellaan edustavan neljää jäätiköitymis-sulamisvaihetta, jotka on nimetty seuraavasti: Vanhin (A), Vanha (B), Keskimäinen (C) ja Nuorin (D) jäätiköitymisvaihe.



Kuva 6-4: Sedimentaatiokerrostumien kaavio Laurinojan avolouhoksen alueelta (Salonen, 2012).

Helsingin yliopisto analysoi Hannukaisen alueen maaperän paksuuskartan laatimiseksi maotutka-aineiston, joka on peräisin Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) mittausmatkalta maaliskuussa 2011 ja Helsingin yliopiston kahdelta mittausmatkalta heinäkuussa ja syyskuussa 2011.

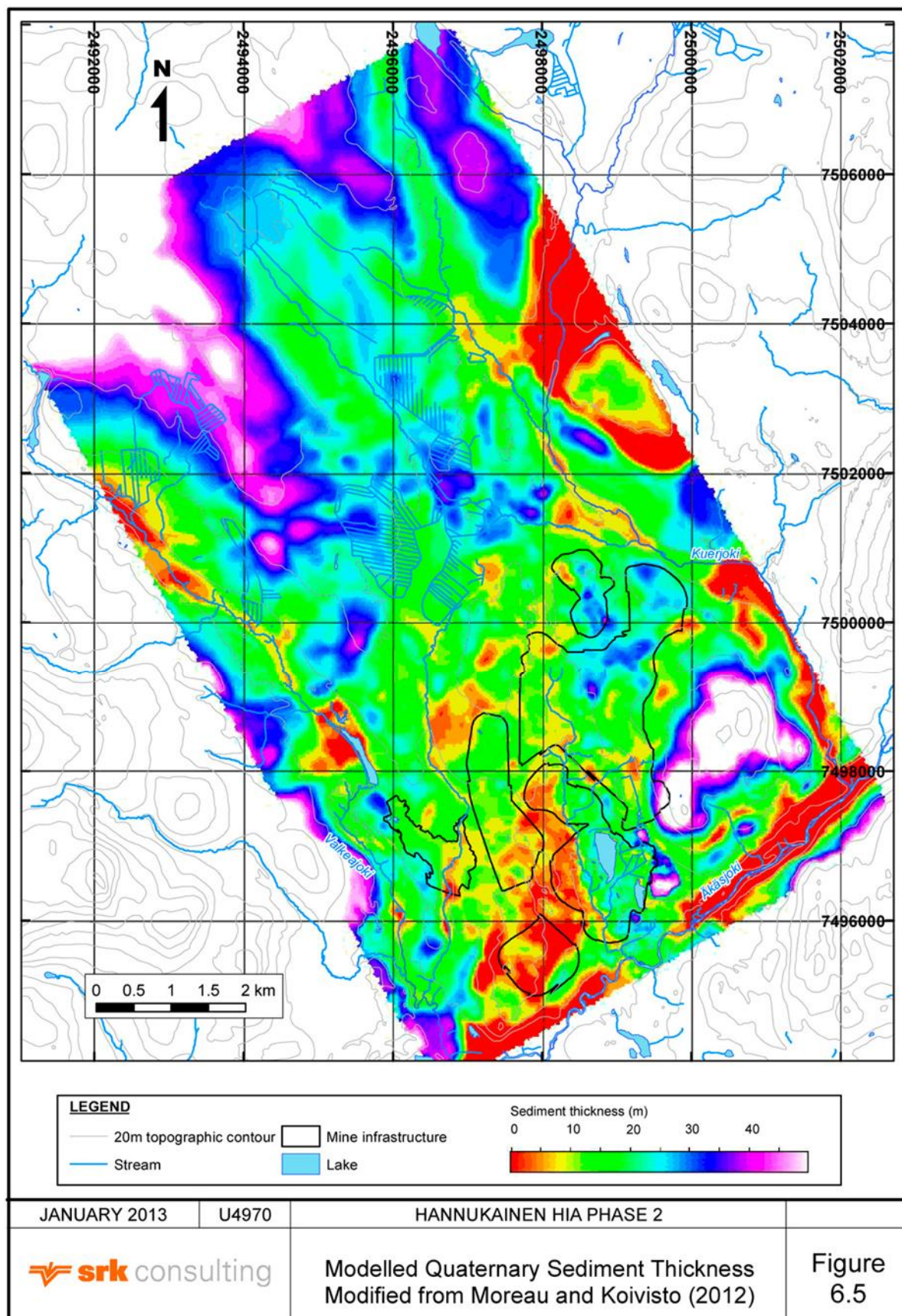
Mallinnettu sedimenttikerrostuman paksuus on esitetty kuvassa 6-5. Kerrostuman paksuus vaihtelee välillä 0 - 102 m; mediaani on 17,65 m, keskiarvo 20,38 m ja keskihajonta 14,65 m. Esiintymät ovat merkittävästi paksumpia kuin Lapissa mitatut keskimäärin (5,7 m (Maijanen et al. 2008)). Geomorfologian, kallioperän korkeustason ja kerrostuman paksuuden välillä ei ole selvää korrelaatiota.

Alueelta on tunnistettu joukko hautautuneita laaksoja (Kuva 6-5). Suurin osa laaksoista on havaittavissa pohjois-etelä-suuntaisina painaumina, jotka ovat täyttyneet soilla ja pienillä puroilla. Näiden laaksojen nykyinen topografia on kuitenkin usein merkittävästi loivempi kuin alkuperäisen jokiuoman (> 30 m). Hautautuneet laaksot voivat yhdistää pohjavesialueita Hannukaisen alueella ja vaikuttaa hydrogeologiseen virtaussysteemiin.

Hautautuneiden laaksojen lisäksi on tunnistettu joukko 'huippuja'. Näissä kohteissa on historiallisesti ollut topografinen huippu, vaikka nykyisen topografian mittakaava ei olisi niin merkittävä. Huippujen itäpuolella peruskalliossa on havaittavissa lukuisia jyrkkiä länteen kallistuvia heijastumia, jotka voivat viitata suureen rakenteelliseen rajaan liittyviin siirtymiin ja murtumiin.

Turvepeite Hannukaisessa rajoittuu suoalueisiin hankealueen pohjoispuoleisen laakson pohjalla, erityisesti Kuervitikossa (Pöyry, 2008a).

Kuva 6-5: Mallinnettu kvartaaristen kerrostumien paksuus. Mukailtu Moreau ja Koivistosta (2012).



Rautuvaara

Northlandin hydrogeologisten ja geoteknisten ohjelmien puitteissa tekemien kairausten perusteella maaperän paksuus vaihtelee Rautuvaarassa välillä 3 - 46 m:

- Yleensä maaperän paksuus on suurempi rinteillä kuin notkojen pohjalla;
- Maaperä on yleensä paksuin olemassa olevan rikastushiekka-altaan kaakkoispuolen rinteillä (20 – 46 m);
- Maaperän on alle 10 m paksu Kylmäojan ja olemassa olevien rikastushiekka-altaiden alueella, ja 20 – 30 m paksu Niesajoen läheisyydessä; ja
- Maaperän paksuus Niesan alueen luoteispuolen rinteellä ei näytä korreloivan korkeuden kanssa. Paksuus vaihtelee välillä 8 – 33 m.

On huomattava, että havainnot rajoittuvat kairausohjelman laajuuden mukaan. Ohjelma keskittyy lähinnä suunnitellun rikastushiekka-alueen rajojen ympärille. Kairaukset suoraan rikastushiekka-alueen alapuolella olivat vähäisiä hydrogeologisessa kairausohjelmassa sillä hydrogeologisten kairausreikien on tarkoitus toimia suunnitellun altaan seurannan havaintoverkon perustana. Geoteknisen tutkimusohjelman kairaukset olivat yleensä varsin matalia eivätkä aina läpäisseet maanpeitettä, jolloin paksuutta ei voinut selvittää.

Lähes koko olemassa olevan rikastushiekka-altaan alla on turvepeite lukuun ottamatta alueen luoteis- ja koilliskulmia, joissa täyttö on tehty suoraan peruskallion päälle (GTK, 2010a). Turvetta on havaittu myös pohjoisen ja eteläisen rikastushiekka-altaan pohjissa (Pöyry, yksityinen kommentti)

Pohjoisaltaan sedimentin paksuus vaihtelee välillä 0.2 – 6.2 m ja on paksuin altaan koillisosassa. Sedimentit ovat yleensä heterogeenisiä ja koostuvat sorasta / hiekkamoreenista tai siltimoreenista. Koillisosassa allasta, lähellä olemassa olevaa vedenpuhdistamoa, sedimentit ovat heikosti kerrostuneita. Veden syvyys näiden sedimenttien päällä on noin 2 – 4 m. Sedimenttien hydraulista ominaisuuksista ei ole saatavilla tietoa (Pöyry, yksityinen kommentti)

Helsingin yliopisto tutkii parhaillaan tarkemmin irtomaan ominaisuuksia. Tutkimus keskittyy kerrostuneisuuteen ja sedimenttien paksuuteen.

Helsingin yliopiston alustavan sedimenttiimuodostumakuvauksen mukaan sedimentti on hiekkaista diamiktonia ja soraista hiekkaa vaihdellen aina silttiin, jossa hiekkaisia kerroksia. Tämä vastaa kairausten aikana kerättyjä geologisia tietoja, joiden mukaan täytön laatu olisi vaihtelevaa sisältäen siltti-, hiekka-, sora- ja murskekerroksia, joita kaikkia voitiin tunnistaa kairausraporteissa. Täydellinen kerrostuma-analyysi on vielä kesken, eikä kerrosjärjestystä ole vielä jaoteltu jääkauden vaiheisiin (Salonen et al., 2012).

Yliopisto on kerännyt noin 53 km of GPR-aineistoa Rautuvaaran maaperän paksuuskartan laatimista varten. He ovat todenneet paleokanavien esiintymisen, mutta GPR-aineiston käsittely on vielä kesken eikä näiden sijaintia ole vielä määritetty. Toistaiseksi maaperän paksuudesta ei siten vielä ole arvioita Northlandin kairausohjelman täydentämiseksi (Salonen et al., 2012).

6.2.3 Rakennegeologia

Rakennegeologia on tärkeää Hannukaisessa, sillä pohjaveden virtauksia säätelee todennäköisesti avoimen, rikkonaisen rakoverkoston kautta tapahtuva virtaus.

Hannukainen

Hannukaisen esiintymän isäntäkivenä on itäisin osa Pajala-Kolari-hiertovyöhykkeen (PJKSZ-vyöhyke) – Kolarin hiertovyöhykkeen KTZ tai paikallisesti Hannukaisen hiertovyöhykkeen HTZ - päälineamenteista. Vyöhyke kaatuu pohjoisesta pohjois-koilliseen, ja kallistuma on 15° - 30° länteen tai länsi-lounaaseen. Hiertovyöhyke leikkaa koillisesta lounaaseen kulkeutuvan Äkäsjoen horisontaalsiirroksen (ASZ) Hannukaisen esiintymän eteläreunalla. Geologian tutkimuskeskus on tulkinnut alueellisen rakenteen ja aineiston on tuottanut GIS-muotoon NMOY. Rakenne on esitetty kuvassa 6-1.

Geoteknisten tietojen perusteella voitiin tunnistaa joukko erillisiä halkeama-, murros- ja ruhjevyyhykkeitä peruskallion eri syvyyksissä. Ylemmän peruskallion rapautuminen on yleensä rajoittunut ylimpään kymmeneen metriin. Keskimääräiset RQD-arvot sekä Hannukaisessa että Kuervitikossa (90 % ja 74 %, tässä järjestyksessä) osoittavat, että peruskallio on säröisempää Kuervitikossa (SRK, 2011).

On epävarmaa miksi Kuervitikon alue on rikkonaisempaa kuin Hannukaisen alue; kuitenkin Kuervitikosta länteen sijaitseva leveä, suunnilleen pohjois-etelä –suuntainen laakso viittaa jalkapuolen rakenteeseen, jonka arvellaan voineen olla kosketuksissa Hannukaisen Kuervitikon pääsiirroksen kanssa siten että Kuervitikon alueelle on syntynyt laajempi deformaatioalue. Lisäksi Kuervitikossa kaksi sivusiirrosta on liikuttanut paikallisesti Hannukaisen hiertovyöhykettä (HZZ), mikä myös on voinut aiheuttaa kasvanutta deformaatiota. (SRK, 2011).

Kairanreikämittakaavan rakenneanalyysin perusteella alueella esiintyy koko tarkastelualueen kattavasti voimakasta subhorisontaalista liuskeisuutta, joka kaatuu kaakkoon ja kallistuu lounaaseen. Toinen subvertikaalinen halkemavyöhyke luoteis-kaakko-suunnassa vallitsee vain kattopuolella, pääasiassa Hannukaisen louhoksella (SRK 2011).

Rautuvaara

Rautuvaaran hiertovyöhyke (RSZ) on osa laajempaa Pajala-Kolari hiertovyöhykettä, joka sijaitsee Norrbottenin ja Karelian kratonien välissä. Päävyöhykkeen ja synkliinirakenteiden suunta Rautuvaarassa on koillisesta kaakkoon..

Hiertovyöhykkeessä on IOCG-mineralisaatio ylä- ja alapuolisten kratonisten kallioiden välissä. Kalliot ovat voimakkaasti liuskottuneita ja sisäisesti murtuneita sekä liittyneinä mineralisaatiovyöhykkeisiin. Mineralisaatio liittyy kaakkoon avautuvaan synkliinirakenteeseen ja se on yli 800 m pitkä, jopa 80 m paksu ja kaatuu noin 80° kaakkoon (GTK, 2010b).

Yhteenveto alueellisesta ja paikallisesta geologiasta on esitetty kuvassa 6-6 ja kuvassa 6-1.



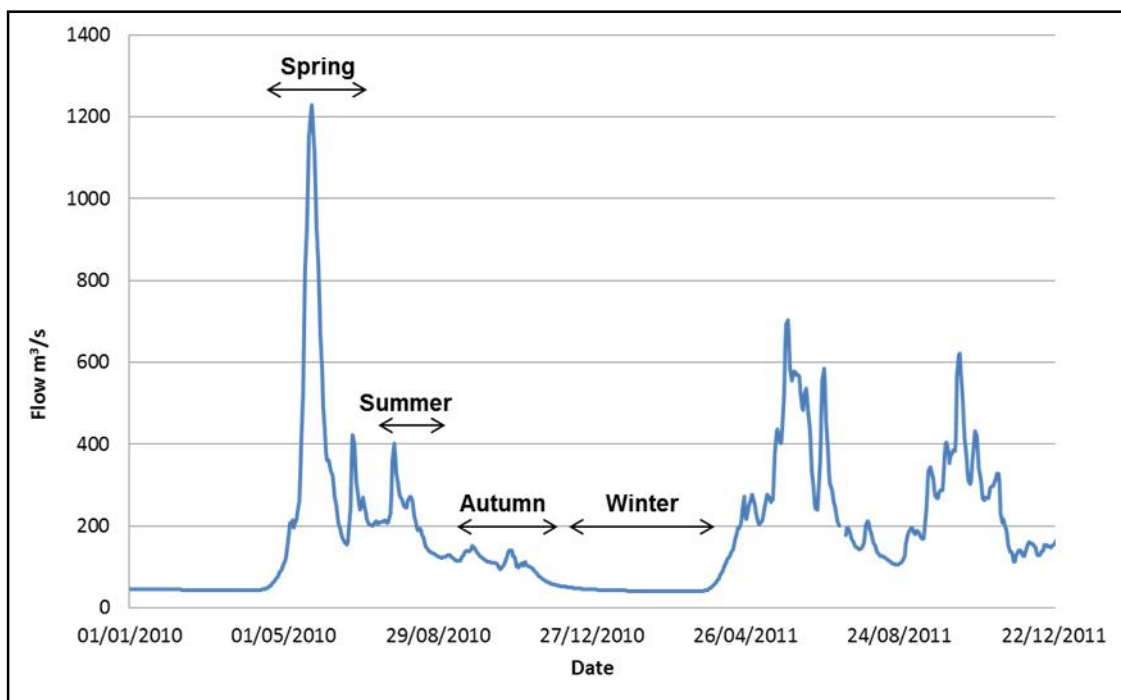
Kuva 6-6: Pajala-Kolari hiertovyöhyke Kolarin alueella (Niiranen et al. 2007)

6.3 Pintavedet

Pintavesien nykytilan arviointi keskittyy Hannukaisen hankkeen mahdollisten vaikutusten kohteena olevien keskeisten vesistöjen virtaamaolosuhteisiin ja vedenlaatuun, sekä Niesan vesistön virtausreitteihin. Tarkasteltavat vesistöt ovat Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki, Niesajoki, Kylmäoja ja Muonionjoki. Katsaus nykytilan arvioinnissa käytettyihin menetelmiin ja aineistoon on esitetty jaksossa 5.2.

Lappilaisen vesistöalueen tyypillinen virtaamakäyrä on esitetty kuvassa 6-7. Virtaamaolosuhteet vaihtelevat vuoden aikana ja vuodenvirtaamakäyrä voidaan jakaa karkeasti kolmeen jaksoon.:

- **Kevät** (touko-kesäkuu) tyypillistä korkeat virtaamat lumensulamisen vuoksi. Yleensä tänä ajanjaksona on vuoden virtaamamaksimi;
- **Kesä ja syksy** (heinäkuu-syyskuu/lokakuu) tyypillistä kohtalaiset tai pienet virtaamat, jotka pienenevät jakson aikana kun jäljelle jäänyt lumi sulaa. Ajoittain voi kuitenkin esiintyä korkeampia virtaamajaksoja sateen vuoksi; ja
- **Talvi** (loka-huhtikuu) tyypillistä alhaiset virtaamat kun sadanta pysyy valuma-alueella lumena. Suurimpia virtavesiä lukuun ottamatta avovedet ovat jääpeitteisiä talvikausina. Jotkut pienemmät purot jäätyvät pohjiaan myöten jolloin virtaama on merkityksetön tai nolla.



Kuva 6-7: Tyypillinen vuosivirtaamakäyrä Suomen Lapissa (Kallio, Muonionjoki, havaintopaikka 2395, OIVA tietokanta)

6.3.1 Äkäsjoki

Valuma-alue ja yleiset valuntareitit

Kaivosalue ja siihen liittyvä infrastruktuuri sijoittuu Äkäsjoen valuma-alueelle, Kuva 2-4.

Kaivosalueella Äkäsjoen valuma-alue on noin 520 km² ja Äkäsjoki on matala ja noin 30 m leveä joki, jonka pohjasedimentti on karkeaa, Kuva 3-1.



Valokuva 6-1: Äkäsjoki suunnitellun Hannukaisen kaivoksen lähellä (SW014) (SRK 10/05/2011)

Joki alkaa Äkäsjärvestä, joka sijaitsee hankealueelta pohjoiseen. Kuerjoki on Äkäsjoen suuri sivujoki, joka laskee Äkäsjokeen kaivosalueelta ylävirtaan. Äkäsjokeen laskee myös pieni joki, joka on käännetty Niesajoesta Äkäsjokeen keinotekoisella uomalla (Kylmäoja) Kuva 2-4.

Äkäsjoki yhtyy Muonionjokeen noin 15 km kaivosalueesta alavirtaan. Äkäsjoen valuma-alue on kokonaisuudessaan 650 km².

Pintavesien virtaamat

Äkäsjoen valuma-alueen keskimääräinen vuosivalunta on 310 mm, laskettuna alueelliseen vesistömallijärjestelmän avulla.

Äkäsjoen arvioidut kuukausivirtaamat on esitetty taulukossa 6-4, jossa niitä on verrattu SYKEN sovelluksen ja NOPEXin valuma-aluemallin avulla saatuihin kuukausivirtaamiin. Kolmen menetelmän tulokset ovat melko hyvin vertailukelpoisia. Arvioidut kuukausittaiset virtaamien toistumisjaksot on esitetty taulukossa 6-5.

Alivirtaamakauden arviot Äkäsjoele on esitetty taulukossa 6-6.

Kesäkuun lopulla 2012 asennettiin Äkäsjokeen lähelle suunniteltua kaivosaluetta hydrologinen mittausasema (RAUSW005). Kalibroidulla asemalla mitatut vedenkorkeustasot on muutettu virtaamiksi käyttäen purkauskäyriä, jotka on kehitetty Northlandin henkilöstön tekemien virtaamamittausten pohjalta. Tarkemmat tiedot mittauksista ja määrittäyskäyrästä on esitetty liitteessä B.

Heinä-lokakuun keskimääräiset kuukausivirtaamat laskettiin ja verrattiin kuukausivirtaamia keskimääräiseen vuoteen, joka laskettiin käyttäen alueellista vesistömallijärjestelmää (liite C). Tulokset on esitetty taulukossa 6-7.

Taulukko 6-4: Keskimääräiset kuukausivalunnat ja -virtaamat Äkäsjossa kaivosalueen kohdalla

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
Keskilunta (mm)	8,3	6,2	6,1	12,7	101,2	46,7	23,9	22,6	23,4	27	20,3	12
Keskivirtaama (m ³ /s)	1,7	1,3	1,2	2,6	20,4	9,4	4,8	4,6	4,7	5,4	4,1	2,4
SYKE malli (m ³ /s)	2,3	1,9	2,2	5,2	21,1	6,4	2,7	3,6	4,0	4,5	3,8	2,7
NOPEX malli (m ³ /s)	1,9	1,4	1,0	2,5	19,5	11,7	6,3	6,0	5,8	1,0	0,5	0,3

Taulukko 6-5: Ennustetut kuukausittaisten keskivirtaamien toistumisjaksot Äkäsjossa kaivosalueen kohdalla

Toistuvuus 1/n vuotta	Kuukausittainen keskivirtaama (m ³ /s)										Loka	Marras
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys			
1/100, KUIVA	0,77	0,69	0,68	9,3	3,4	1,6	1,1	1,4	1,8		1,2	1,0
1/50 KUIVA	0,85	0,74	0,73	10,2	3,9	1,8	1,3	1,6	2,1		1,4	1,1
1/10 KUIVA	1,1	0,90	0,88	13,2	5,4	2,6	2,1	2,4	3,0		2,1	1,5
Keskivirtaama	1,7	1,3	1,2	20,4	9,4	4,8	4,6	4,7	5,5		4,1	2,4
1/10 MÄRKÄ	2,6	1,8	1,7	31,5	16,4	8,8	9,8	9,3	10,0		8,1	3,9
1/ 50 MÄRKÄ	3,3	2,1	2,1	40,8	22,9	12,7	15,6	14,0	14,4		12,3	5,2
1/100 MÄRKÄ	3,6	2,3	2,2	44,8	25,8	14,4	16,5	16,2	16,4		14,2	5,8

Taulukko 6-6: 7 vuorokauden alivirtaamajaksojen ja 7 vuorokauden Q₁₀ arviot Äkäsjolle

Äkäsjoki kaivoksen kohdalla	
7 vrk vuosittainen alivirtaamajakso (m ³ /s)	1,0
7 vrk heinä-syyskuun keskilivirtaamajakso (m ³ /s)	1,3
Vuosittainen 7 vrk:n Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	0,55
7 vrk:n Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s) heinä-syys	0,79

Taulukko 6-7: Havaitut virtaamat Äkäsjoen, hydrologinen asema RAUSW005r

Asema	Muuttuja	Heinä	Elo	Syys	Loka	Keskiarvo (heinä- syys)
RAUSW005	Havaittu virtaama (m ³ /s)	8,5	4,7	6,5	9,7	7,2
	Arvioitu keskivirtaama (m ³ /s)	4,8	4,6	4,7	5,5	4,9
	Prosenttia keskiarvosta	180%	100%	140%	180%	150%

Havaitut virtaamat ovat korkeampia kolmena kuukautena neljästä, joista mittausaineistoa on saatavana. Elokuussa havaitut virtaamat ovat kuitenkin samanlaisia kuin alueelle arvioitu keskivirtaamatilanne. Tämä voi merkitä, että alueelliset virtaama-arviot Äkäsjoen ovat aliarvioita. Havaittuja arvoja tulee kuitenkin arvioida varovasti, sillä purkauskäyrä perustuu rajalliseen määrään mittaustuloksia, minkä vuoksi siihen perustuvien virtaamien virhemarginaali on suuri. Lisäksi on mahdollista, että vuosi 2012 oli erityisen märkä vuosi, vaikkakin alueellinen virtaama-aineisto on ristiriitainen sen suhteen, oliko vuosi 2012 märkä vai kuiva (2.1.1). Toistumisjakson kuukausivirtaama-arvioiden perusteella Äkäsjoen havaitut virtaamat viittaavat siihen, että heinä-lokakuun virtaamat vastasivat olosuhteiltaan kerran kymmenessä vuodessa toistuvia olosuhteita.

On lisäksi syytä huomata että taulukossa 6-4 esitetyt keskivirtaama-arviot perustuvat useiden vuosien aineistoon, mikä loiventaa kuukausittaisten virtaamien vaihtelua. Kuten Äkäsjoen mitattu aineisto osoittaa, todellisuudessa yhden vuoden kuukausivirtaamat voivat poiketa huomattavasti keskimääräisistä arvoista kuukaudesta toiseen. Siten sellaista vuotta, jolloin kuukausikeskivirtaamat toteutuisivat joka kuukausi ei todennäköisesti koskaan tapahdu; kuitenkin keskivirtaama-arvot ovat käyttökelpoisia kun muutosten vaikutuksia alueella arvioidaan.

Vaikutusten arvioinnissa käytettiin alueelliseen vesistömalliin perustuvia virtaamia RAUSW005 –aseman mittausaineiston lyhyiden vuoksi. Lisäksi koska vesistömallin virtaama-arviot ovat alhaisempia kuin havaittu aineisto, vaikutusarviossa alhaisemman virtaaman käyttöä pidettiin konservatiivisempänä, sillä tällöin vedenlaatulaskennoissa luonnollisen valunnan aiheuttama laimentuminen on vähäisempää..

Veden laatu

"Keskeisten" ja "muiden" muuttujien mediaani ja maksimipitoisuudet neljällä veden laadun perustilan havaintopaikalla Äkäsjoen esitetty taulukossa 6-8 ja taulukossa 6-9. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa 2-3 ja kuvassa 2-4.

FS11 sijaitsee Äkäsjoen ja Kuerjoen yhtymäkohdasta ylävirtaan, FS09 kaivosalueen kohdalla, FS10 Valkeajoen yhtymäkohdasta alavirtaan ja FS26 Äkäsjoen suulla.

Joidenkin metallien mediaanipitoisuudet (kromi, elohopea, mangaani, lyijy ja sinkki) sekä nitraatti ja sulfaatti ovat korkeammat havaintopaikalla FS09 (kaivoksen lähellä) kuin muilla paikoilla. Tämä voi johtua Hannukaisessa tapahtuvan kaivostoiminnan vaikutuksesta. Vedenlaadun tavoitearvot määritettiin vain havaintopaikoille FS09 ja FS10, ja vedenlaadun perustilataulukoissa perustila-aineistoa verrataan kynnysarvoihin TV ja hälytysrajoihin AV.

Havaitut suurimmat elohopeapitoisuudet havaintopaikoilla FS09 ja FS10 ylittävät muuttujan hälytysrajan. Kaikkien maksimipitoisuuksien on ennustettu ylittävän kynnysarvot, mikä oli odotettavissa (sillä kynnysarvot on määritetty 80 prosenttipisteeksi havaituista arvoista).

Ammoniumin, nitriitin, nitraatin, arseenin, kadmiumin, kobolttin, elohopean, lyijyn ja antimonin mediaanipitoisuuksissa vaikutus on havaittavissa koska yli 50 % näytteistä on pitoisuudeltaan alle määritysrajan.

Johtopäätöksenä on, että Äkäsjoen vedenlaatu on yleisesti ottaen hyvä kun tuloksia verrataan havaintopaikkakohtaisiin hälytysrajoihin AV.

Taulukko 6-8: Keskeisten vedenlaatuomuuksien pitoisuudet Äkäsjoen havaintopaikoilla (ks. Figure 2-3 ja Figure 2-4)

Muuttuja	Yksikkö	FS11			FS26			FS10			Tavoitearvot FS09			FS09	
		Mediaani	Maksimi		Mediaani	Maksimi		Mediaani	Maksimi		TV	AV		Mediaani	Maksimi
Kiintoaine	mg/l	1,5	19		2,1	36		1,7	7,8		2,5	25		1,3	5,3
Ammonium	mg/l	0,0015 ^b	0,034 ^b		0,0030	0,11		0,0033	0,015		0,0086	1,0		0,0030	0,015
Nitriitti	mg/l	0,0010 ^b	0,0040 ^b		0,0010 ^b	0,085 ^b		0,0010 ^b	0,0040 ^b		0,0019	0,010		0,0010 ^b	0,0040 ^b
Nitraatti	mg/l	0,0040 ^b	0,076 ^b		0,0092	0,091		0,0089	0,076		0,073	20		0,012	0,10
Kloridi	mg/l	0,74	8,1		0,80	6,3		0,70	1,1		0,992	150		0,00080	1,2
Sulfaatti	mg/l	2,8	4,4		3,0	7,1		3,1	4,9		4,4	65		3,2	5,0
Rauta	mg/l	0,37	0,77		0,41	2,1		0,29	0,97		0,40	0,98		0,28	0,83
Alumiini	mg/l	0,017	0,066		0,022	0,071		0,022	0,065		0,050	0,10		0,021	0,066
Arseeni	mg/l	0,000067	0,016		0,000069 ^b	0,00012		0,000062	0,00015		0,000098	0,0050		0,000065	0,00011
Kadmium	mg/l	0,0000027 ^b	0,000025 ^b		0,0000025 ^b	0,000014		0,0000025 ^b	0,0000082		0,0000031	0,000080		0,0000025 ^b	0,0000079
Koboltti	mg/l	0,000032	0,00035		0,000065 ^b	0,00025 ^b		0,000047 ^b	0,00025 ^b		0,000077	0,0040		0,000040	0,00018
Kromi	mg/l	0,00028	0,00038		0,00025	0,00041		0,00028	0,00035		0,00032	0,0010		0,00028	0,00035
Kupari	mg/l	0,00031	0,0054		0,00039	0,011		0,00040	0,0012		0,00047	0,0050		0,00036	0,00071
Elohopea	mg/l	0,0000013 ^b	0,00020 ^b		0,0000010 ^b	0,0000053		0,0000010 ^b	0,0000055		0,0000026	0,000050		0,0000016 ^b	0,0000093
Mangaani	mg/l	0,0043	0,044		0,0070	0,050		0,011	0,040		0,018	0,70		0,010	0,043
Molybdeeni	mg/l	0,00013	0,00023		0,00024	0,00037		0,00020	0,00025		0,00019	1,0		0,00017	0,00023
Nikkeli	mg/l	0,00023	0,019		0,00025	0,00045		0,00025	0,00047		0,00030	0,020		0,00021	0,00056
Lyijy	mg/l	0,000044	0,00012		0,000028 ^b	0,000095 ^b		0,000031	0,00012		0,000052	0,0072		0,000036	0,00011
Sinkki	mg/l	0,00075	0,0065		0,00071	0,0023		0,00090	0,0044		0,0016	0,030		0,00088	0,0021
Uraani	mg/l	0,000090	0,00010		0,000091	0,00026		0,000099	0,00012		0,00011	0,015		0,000092	0,00012

a Kynnysarvot (TV) ja hälytysrajat (AV) Äkäsjoen

Note: Virheellä merkityt ylittävät kynnysarvot. Oranssilla merkityt ylittävät hälytysrajat AV.

b vähintään 50% muuttujan pitoisuusainestosta on alle määritysrajan.

Taulukko 6-9: Muiden muuttujien vedenlaatuarvot Äkäsjoen havaintopaikoilla (ks. Figure 2-3 ja Figure 2-4)

Muuttuja	Yksikkö	FS11		FS26		Tavoitearvot FS10		FS10		Tavoitearvot FS09		FS09	
		Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	^a TV	^a AV	Mediaani	Maksimi	TV	AV	Mediaani	Maksimi
pH		6,9	7,3	6,7	7,7		<6 or >9	6,9	7,3		<6 or >9	7	7,5
Sähkönjohtavuus	mS/m	3,1	4,8	2,8	18	4,3	8,3	3,5	6,6	4,3	6,5	3,4	4,8
Fosfaatti	mg/l	0,0060	0,022	0,0070	0,020	0,0080	0,016	0,0067	0,013	0,0080	0,019	0,0060	0,015
TOC	mg/l	4,2	7,8	3,9	7,9	6,5	12	4,3	7,9	6,5	12	4,2	8,2
Kalsium	mg/l	3,0	4,4	3,0	4,8	4,2	6,7	3,4	4,8	4,1	6,5	3,1	4,7
Kalium	mg/l	0,45	1,1	0,47	0,67	0,58	0,90	0,49	0,67	0,53	0,89	0,37	0,63
Magnesium	mg/l	0,89	1,8	0,96	1,3	1,1	1,8	0,90	1,3	1,2	1,8	0,91	1,3
Natrium	mg/l	1,4	2,1	1,7	2,0	1,9	2,9	1,6	2,1	1,8	2,8	1,5	2
Rikki	mg/l	1,2	5,9	1,3	2,2	1,6	2,5	1,0	1,7	1,6	2,4	1,3	1,7
Pii	mg/l	4,3	57	5,1	14	5,9	10	4,3	7,4	5,7	9,6	4,1	7
Barium	mg/l	0,0074	0,012	0,008	0,012	0,0089	0,018	0,0082	0,015	0,0092	0,018	0,008	0,015
Strontium	mg/l	0,014	0,021	0,017	0,021	0,020	0,031	0,017	0,022	0,020	0,030	0,017	0,021
Antimoni	mg/l	0,0000050 ^b	0,000091 ^b	0,0000050 ^b	0,000055 ^b	0,000012	0,000027	0,0000050 ^b	0,000018 ^b	0,000014	0,000028	0,000011 ^b	0,000019 ^b

^a Kynnysarvot (TV) ja AV:t (AV) Äkäsjolle

Huom ; Vihreällä merkityt ylittävät kynnysarvot. Oranssilla merkityt ylittävät hälytysrajat AV.

^b Vähintään 50 % muuttujan pitoisuusaineistosta on alle määntysrajan.

6.3.2 Kuerjoki

Valuma-alueet ja yleiset virtausreitit

Kuerjoki on Äkäsjoen suurin sivujoki. Äkäsjokeen laskemiskohdassa Kuerjoen valuma-alueen pinta-ala on 162 km². Täällä Kuerjoki on noin 15 metriä leveä, matala joki. Valokuva 6-2.



Valokuva 6-2: Kuerjoen keskijuoksua (SW025) (SRK 09/05/2011)

Pintaveden virtaamat

Kuerjoen vuosivalunta on 270 mm alueellisen vesistömallin perusteella laskettuna.

Arviot Kuerjoen kuukausikeskivirtaamista on esitetty taulukossa 6-10, jossa niitä verrataan SYKEN valuma-aluemallisovelluksella saatuihin kuukausivirtaamiin. Kahden menetelmän välinen korrelaatio on yleisesti ottaen hyvä. Eroja löytyy touko- ja kesäkuun tulva-ajan virtaamien ennusteista. Kuukausivirtaamien toistuvuudet on esitetty taulukossa 6-11.

Alivirtaama-ajan arviot Kuerjoessa on esitetty taulukossa 6-12.

Koska Kuerjoessa virtausnopeus on korkea ja jokipenkat epästabiilit, sinne ei rakennettu pysyvää mittausasemaa. Taulukossa 6-13 esitetään kuitenkin yhteenveto SRK:n toukokuussa 2011 keräämästä aineistosta. Havaintopaikat on esitetty kuvassa 2-3. Taulukossa 6-13 on esitetty myös samaan aikaan koottu Valkeajokea ja Äkäsjokea koskeva aineisto, joka vertailukelpoinen Kuerjoen aineiston kanssa.

Taulukko 6-10: Kuukausittaiset keskivalunnat ja -virtaamat Kuerjoen suulla.

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
Keskilunta (mm)	7,2	5,4	5,3	11,1	88,1	40,6	20,8	19,7	20,4	23,5	17,7	10,5
Keskivirtaama (m ³ /s)	0,5	0,3	0,3	0,7	5,5	2,5	1,3	1,2	1,3	1,5	1,1	0,7
SYKEN malli (m ³ /s)	0,5	0,5	0,5	1,0	9,0	1,3	0,6	1,0	1,1	1,3	1,0	0,6

Taulukko 6-11: Ennustetut kuukausittaisten keskivirtaamien toistumisajat Kuerjoen suulla

Toistumisaika 1/n vuotta	Kuukausittainen keskivirtaama (m ³ /s)											
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
1/100, KUIVA	0,21	0,19	0,18	0,19	2,5	0,93	0,43	0,31	0,37	0,49	0,32	0,28
1/50 KUIVA	0,23	0,20	0,20	0,23	2,8	1,0	0,49	0,36	0,43	0,56	0,37	0,31
1/10 KUIVA	0,30	0,24	0,24	0,34	3,6	1,5	0,71	0,57	0,65	0,80	0,56	0,41
Keskivirtaama	0,45	0,34	0,33	0,69	5,5	2,5	1,3	1,2	1,3	1,5	1,1	0,66
1/10 TULVA	0,69	0,47	0,46	1,4	8,5	4,4	2,4	2,7	2,5	2,7	2,2	1,1
1/50 TULVA	0,89	0,58	0,56	2,1	11,0	6,2	3,4	4,2	3,8	3,9	3,3	1,4
1/100 TULVA	0,98	0,62	0,60	2,5	12,1	7,0	3,9	4,5	4,4	4,4	3,8	1,6

Taulukko 6-12: 7 vrk alivirtaama ja 7vrk Q₁₀ arviot Kuerjoelle

	Kuerjoen suu
Vuosittainen 7 vrk keskialivirtaama (m ³ /s)	0,27
7 vrk keskialivirtaama heinä-syyskuu (m ³ /s)	0,26
Vuosittainen 7 vrk Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	0,15
7 vrk heinä-elokuun Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	0,15

Taulukko 6-13: Virtavesien perustilan virtaamamittaukset Kuerjoessa toukokuussa 2011 (SRK)

Havaintopaikka	PVM	Virtavesi	Latitudi	Longitudi	Q (m ³ /s)
SW017	11.5.2011	Kuerjoki	2501897	7497900	2,22
SW019	10.5.2011	Kuerjoki	2501229	7499755	3,22
SW020	10.5.2011	Paikallinen puro	2501265	7500064	0,002
SW021	Vedensyvyys liian suuri mittauksille				
SW022	10.5.2011	Hilajankanoja	2500862	7500930	0,02
SW023	10.5.2011	Kuerjoki	2500413	7500861	2,30
SW024	10.5.2011	Aavaoja	2500199	7500909	0,04
SW025	9.5.2011	Kuerjoki	2499136	7501094	2,03
SW027	9.5.2011	Kuerjoki	2499105	7501173	1,88
SW001	11.5.2011	Paikallinen puro	2495801	7495561	0,12
SW002	11.5.2011	Valkeajoki	2495925	7496234	0,57
SW004	11.5.2011	Valkeajoki	2496072	7495209	0,78
SW006	9.5.2011	Valkeajoki	2496407	7494934	1,04
SW008	Vedensyvyys liian suuri mittauksille				
SW009	10.5.2011	Kylmäoja	2497858	7494094	0,75
SW012	10.5.2011	Äkäsjoki	2499130	7495517	9,94
SW013	Liian alhainen virtaama mittauksille				
SW014	10.5.2011	Äkäsjoki	2499584	7495888	8,34
SW015	Liian alhainen virtaama mittauksille				
SW016	Liian nopea virtaama mittauksille				
SW018	11.5.2011	Äkäsjoki	2502261	7498094	5,58

Veden laatu

Mediaani- ja maksimipitoisuudet Kuerjoen kolmella perustilan selvityspaikalla FS40, FS41 ja FS42 esitetään taulukossa 6-14 ja taulukossa 6-15. Havaintopaikka FS40 sijaitsee suunnitellun kaivosalueen kohdalla, muiden paikkojen sijaitessa alueesta ylävirtaan. Koska näiltä perustilan havaintopaikoilta otettujen näytteiden määrä on suhteellisen pieni (10-14 mittausta kultakin paikalta), on vaikea arvioida trendejä vedenlaadun muuttumisessa havaintopaikkojen välillä. Kuitenkin keskeisten muuttujien mediaanipitoisuuksien vertailussa voi todeta sulfaatin ja uraanin pitoisuuksien olevan lähes kolme kertaa (sulfaatti) ja lähes viisi kertaa (uraani) korkeammat kaivoksen läheisellä havaintopaikalla FS40 ylävirran suunnassa sijaitseviin havaintopaikkoihin verrattuna. Koboltin, elohopean ja lyijyn pitoisuudet ovat puolestaan noin kaksinkertaiset havaintopaikalla FS40 ylävirran havaintopaikkoihin verrattuna.

Vedenlaadun tavoitearvot WQO määritettiin vain havaintopaikalle FS40 ja perustila-aineistoa verrattiin kynnysrajoihin TV ja hälytysrajoihin AV perustilan vedenlaatatulukoissa.

Minkään muuttujan ei arvioida ylittävän hälytysrajoja perustila-aineistossa. Kaikkien maksimipitoisuuksien arvioidaan ylittävän kynnysarvon, mikä on odotettavissa (koska kynnysarvot on määritetty havaitun aineiston 80 prosenttipisteeksi).

Nitriitin, kadmiumin, koboltin, elohopean ja antimonin pitoisuuksien mediaani-maksimipitoisuuksissa vaikutukset näkyvät, vähintään 50 % näytteistä on alle määritysrajan.

Yhteenvetona voi todeta, että nykytilassa pintavesien vedenlaatu Kuerjoessa on yleisesti ottaen hyvä veden laadun tavoitearvoihin WQO verrattuna.

Taulukko 6-14: Keskeisten vedenlaatumuuttujien pitoisuudet Kuerjoen havaintopaikoilla FS41, FS42 ja FS40 (ks. Kuva 2-3 ja Kuva 2-4)

Muuttuja	Yksikkö	FS41		FS42		Tavoitearvot WQO FS40		FS40	
		Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	TV	AV	Mediaani	Maksimi
Kiintoaine	mg/l	0,76	2,0	0,85	1,3	1,2	25	0,68	2,1
Ammonium	mg/l	0,0036	0,90	0,0037	0,012	0,0034	1,0	0,0022	0,0078
Nitriitti	mg/l	0,0010 ^b	0,0020 ^b	0,0020 ^b	0,002 ^b	0,0020	0,010	0,0010 ^b	0,0020 ^b
Nitraatti	mg/l	0,0028	0,022	0,0025	0,017	0,0068	20	0,0020	0,040
Kloridi	mg/l	0,50	0,73	0,46	0,85	0,60	150	0,50	0,80
Sulfaatti	mg/l	0,74	2,0	0,79	2,7	2,3	65	2,0	2,8
Rauta	mg/l	0,51	0,71	0,51	0,73	0,43	0,72	0,32	0,51
Alumiini	mg/l	0,040	0,066	0,037	0,065	0,0381	0,10	0,027	0,052
Arseeni	mg/l	0,00011	0,00017	0,00010	0,00017	0,000086	0,0050	0,000059	0,00010
Kadmium	mg/l	0,0000038	0,0000087	0,0000050	0,000013	0,0000035	0,000080	0,0000025 ^b	0,0000050 ^b
Koboltti	mg/l	0,000057	0,00011	0,000062	0,00011	0,000043	0,0040	0,000025 ^b	0,000050 ^b
Kromi	mg/l	0,00043	0,00052	0,00041	0,00053	0,00038	0,0010	0,00035	0,00041
Kupari	mg/l	0,00021	0,0010	0,00013	0,00022	0,00033	0,0050	0,00020	0,00050
Elohopea	mg/l	0,0000020 ^c	0,0000020 ^c	0,0000020 ^c	0,0000020 ^c	0,0000010	0,000050	0,0000010 ^c	0,0000010 ^c
Mangaani	mg/l	0,0048	0,013	0,0027	0,010	0,0039	0,70	0,0029	0,0065
Molybdeeni	mg/l	0,000094	0,00021	0,00012	0,00022	0,00022	1,0	0,00014	0,00024
Nikkeli	mg/l	0,00011	0,00024	0,00012	0,00023	0,00020	0,020	0,00012	0,00024
Lyijy	mg/l	0,00014	0,00022	0,00010	0,00017	0,000046	0,0072	0,000037	0,000052
Sinkki	mg/l	0,0014	0,0083	0,0012	0,0031	0,0018	0,030	0,0010	0,0055
Uraani	mg/l	0,000024	0,000034	0,000028	0,000032	0,00011	0,015	0,00011	0,00012

Taulukko 6-15: Muiden vedenlaatuominaisuuksien arvot Kuerjoen havaintopaikoilla FS41, FS42 ja FS40 (ks. Kuva 2-3 ja Kuva 2-4)

Muuttuja	Yksikkö	FS41		FS42		Tavoitearvot aWQO FS40		FS40	
		Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	TV	AV	Mediaani	Maksimi
pH		6,3	6,6	6,4	6,6	<6 or >9		6,8	7,5
Sähkönjohtavuus	mS/m	1,8	3,1	1,8	3,1	3,3	5,2	2,8	3,7
Fosfaatti	mg/l	0,017	0,024	0,014	0,018	0,011	0,017	0,0085	0,013
TOC	mg/l	11	16	10	16	7,7	14	5,0	8,7
Kalsium	mg/l	1,6	2,5	1,5	2,4	3,1	4,8	2,7	3,2
Kalium	mg/l	0,30	0,60	0,38	0,63	0,49	0,82	0,39	0,56
Magnesium	mg/l	0,59	0,92	0,58	0,92	0,96	1,4	0,87	0,99
Natrium	mg/l	1,2	1,9	1,2	1,9	1,8	2,5	1,6	1,9
Rikki	mg/l	0,22	0,39	0,23	0,40	0,81	1,3	0,63	0,90
Pii	mg/l	4,1	7,5	4,2	7,5	6,1	10	4,8	7,0
Barium	mg/l	0,0046	0,011	0,0047	0,014	0,0052	0,010	0,0046	0,0079
Strontium	mg/l	0,011	0,018	0,010	0,017	0,020	0,030	0,017	0,020
Antimoni	mg/l	0,000012 ^c	0,000012 ^c	0,000010 ^c	0,000010 ^c	0,00001	0,000014	0,000010 ^c	0,000010 ^c

a Havaintopaikkakohtaiset kynnysarvot (TV), jotka perustuvat Kuerjoki FS40:n vedenlaadun perustilaa-aineistoon.

Huom; Vihreällä varjostetut ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostettu ylittävät hälytysrajat AV

b vähintään 50 % perustilaa-aineistosta on alle määritysrajan

6.3.3 Valkeajoki

Valuma-alue ja päävirtausreitit

Valkeajoki yhtyy Äkäsjokeen kaivosalueen lounaispuolella (Kuva 3-3). Valkeajoen suulla sen valuma-alue on 53 km². Valkeajoessa sijaitsee kalankasvatusallas kaivosalueen kohdalla. Lisäksi joen suualueella, aivan Äkäsjoen yhtymäkohdasta alavirtaan, sijaitsee Saivojärven virkistysmetsä.



Valokuva 6-3: Valkeajoki kaivosalueelta ylävirtaan (SW004) (SRK 11/05/2011)

Pintavesien virtaamat

Valkeajoen vuotuinen keskivalunta on 250 mm, alueellisen vedenkorkeuden mittausaineiston perusteella laskettuna.

Valkeajoen arvioidut kuukausittaiset keskivirtaamat on esitetty taulukossa 6-16, jossa niitä on vertailtu SYKEN valuma-aluemallista saatujen kuukausittaisten virtaamien kanssa. Näiden kahden menetelmän välinen korrelaatio on yleisesti ottaen hyvä. SYKEN malli ennustaa korkeampia virtaamia toukokuulle vedenmittausaineistoon verrattuna. Arvioidut kuukausittaisten virtaamien toistuvuusjaksot on esitetty taulukossa 6-17.

Alivirtaama-arviot Valkeajoelle on esitetty taulukossa 6-18.

Valkeajoen suulle asennettiin hydrologinen mittausasema kesäkuun lopussa 2012 (RAUSW006). Asemalla mitatut vedenkorkeudet on muutettu virtaamiksi käyttäen Northlandin henkilökunnan tekemien virtaamamittausten pohjalta määritettyjä purkukäyriä. Tarkemmat tiedot mittauksista ja purkukäyristä on esitetty liitteessä B.

Heinä-lokakuulle laskettiin kuukausittaiset keskivirtaamat ja niitä verrattiin keskimääräisen vuoden kuukausivirtaamiin, jotka laskettiin käyttäen liitteessä C kuvattua alueellista hydrologista analyysiä. Tulokset on esitetty taulukossa 6-19.

Taulukko 6-16: Kuukausittaiset keskivalunnat ja –virtaamat Valkeakosken suulla

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
Keskivalunta (mm)	6,5	4,9	4,8	10,0	79,6	36,7	18,8	17,8	18,4	21,2	16,0	9,5
Keskivirtaama (m ³ /s)	0,1	0,1	0,1	0,2	1,6	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2
SYKE -malli (m ³ /s)	0,2	0,2	0,2	0,4	2,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2

Taulukko 6-17: Ennustetut kuukausittaisten keskivirtaamien toistumisajat Valkeajoen suulla.

Toistumisaika 1/h vuotta	Kuukausittainen keskivirtaama (m ³ /s)											
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
1/100, KUIVA	0,06	0,06	0,05	0,06	0,75	0,28	0,13	0,09	0,11	0,15	0,09	0,08
1/50 KUIVA	0,07	0,06	0,06	0,07	0,82	0,31	0,15	0,11	0,13	0,17	0,11	0,09
1/10 KUIVA	0,09	0,07	0,07	0,10	1,06	0,43	0,21	0,17	0,19	0,24	0,17	0,12
Keskivirtaama	0,13	0,10	0,10	0,21	1,64	0,76	0,39	0,37	0,38	0,44	0,33	0,19
1/10 SATEINEN	0,21	0,14	0,14	0,42	2,52	1,31	0,71	0,79	0,75	0,80	0,65	0,31
1/50 SATEINEN	0,27	0,17	0,17	0,63	3,28	1,84	1,02	1,25	1,12	1,15	0,98	0,42
1/100 SATEINEN	0,29	0,18	0,18	0,73	3,59	2,07	1,16	1,32	1,30	1,31	1,14	0,46

Taulukko 6-18: 7 vrk alivirtaama- ja Q10 -arviot Valkeajoelle

	Valkeajoen suu
Vuoden 7 vrk keskialivirtaama (m ³ /s)	0,08
7 vrk keskialivirtaama heinä-syyskuu (m ³ /s)	0,06
Vuoden 7 vrk Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	0,04
7 vrk heinä-elokuun Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	0,05

Taulukko 6-19: Havaitut virtaamat Valkeajoen hydrologisella mittausasemalla RAUSW006

Paikka	Muuttuja	Henä	Elo	Syys	Loka	Keskiarvo (Heinä-syys)
RAUSW006	Havaittu virtaama (m ³ /s)	1,16	0,83	0,88	1,72	1,15
	Arvioitu keskivirtaama (m ³ /s)	0,39	0,37	0,38	0,44	0,40
	Prosenttia keskiarvosta	300 %	220 %	230 %	390 %	220 %

Taulukossa 6-19 esitetyt havaitut arvot ovat merkittävästi korkeampia (noin 200 – 300 %) kuin alueelliset virtaama-arviot. Havaittu virtaama-aineisto näyttäisi viittaavan siihen, että alueelliset arviot Valkeajoen virtaamista ovat huomattavasti aliarvioituja.

Näyttäisikin siltä, että Valkeajoessa havaitut virtaamat olivat merkittävästi korkeampia kuin liitteessä C kuvattua seudullista hydrologista lähestymistapaa käyttäen voitaisiin ennustaa. Sama ilmiö on havaittu myös muiden mittauspaikkojen osalta tämän luvun eri kappaleista näkyvällä tavalla. Havaittua aineistoa tulee kuitenkin tarkastella tietyllä varovaisuudella, sillä purkukäyrä perustuu rajoitettuun määrään mittauksia, minkä purkukäyrään perustuvaan virtaama-arvioinnin epävarmuus on suuri. Alueellinen virtausaineisto (kappale 5.1.1) on ristiriitainen sen suhteen, oliko vuosi 2012 kuiva vai märkä. Arvioitujen kuukausittaisten toistuvuuksien perusteella Valkeajoessa havaitut heinä- ja lokakuun virtaamat vastaisivat kerran 200 vuodessa toistuvia sateisia olosuhteita, ja virtaamat elo- ja syyskuussa kerran kymmenessä vuodessa toistuvia sateisia olosuhteita..

Havaintopaikan RAUSW006 lyhyen mittausjakson vuoksi vaikutusarviossa käytettiin alueelliseen virtaama-aineistoon perustuvia virtaama-arvioita. Lisäksi, koska alueellisen aineiston pohjalta saadut virtaamat olivat pienempiä kuin havaitut virtaamat, vaikutusarviointi pienempiä virtaamia käyttäen on konservatiivisempaa, sillä luonnon valuman aiheuttama laimeneminen otetaan huomioon vedenlaatulaskelmissa.

Vedenlaatu

Mediaani ja maksimipitoisuudet Valkeajoen neljän perustilan havaintoaseman mittauspaikalla FS08, FS02, FS06 ja FS07 esitetään taulukossa 6-20 ja taulukossa 6-21.

Valkeajoen vedenlaatuaineistossa ei ole havaittavissa selkeitä trendejä. Monen muuttujan pitoisuudet ovat alhaisia ja mediaaniarvioihin vaikuttaa se, että monien näytteiden pitoisuudet olivat alle määrittäysrajojen. Ammoniumin, nitriitin, nitraatin, arseenin, kadmiumin, koboltin, elohopean, nikkelin, lyijyn, uraanin ja antimonin mediaanipitoisuuksissa vaikuttaa se että vähintään 50 % näytteistä pitoisuudet olivat alle määrittäysrajan.

Vedenlaadun tavoitearvot WQO määritettiin vain havaintopaikalle FS08 ja perustila-aineistoa verrattiin kynnysarvoihin TV ja hälytysrajoihin AV vedenlaatutaulukoissa.

Nitriitin maksimipitoisuuden ennustetaan ylittävän hälytysrajan AV. Muiden muuttujien ei arvioida ylittävän hälytysrajaa. Kaikkien maksimipitoisuuksien ennustetaan ylittävän kynnysarvot, mikä on odotettavissa (sillä kynnysarvot on määritetty 80 prosenttipisteeksi havaitusta aineistosta).

Yhteenvetona voi todeta että Valkeajoen perustilan vedenlaatu on yleisesti ottaen hyvä kun sitä verrataan paikkakohtaisesti määritettyihin hälytysrajoihin.

Taulukko 6-20: Keskeisten vedenlaatuomuuksien pitoisuudet Valkeajoen havaintopaikoilla (ks. Kuva 2-3)

Muuttuja	Yksikkö	a)WQO FS08		FS08		FS02		FS06		FS07	
		TV	AV	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi
Kiintoaine	mg/l	2,2	25	1,1	4,7	1,0	4,5	0,73	13	1,1	34
Ammonium	mg/l	0,0030	1,0	0,0030 ^b	0,018 ^b	0,0015 ^b	0,0066 ^b	0,0095	0,35	0,0020 ^b	0,017 ^b
Nitriitti	mg/l	0,0030	0,010	0,0013 ^b	0,027 ^b	0,0010 ^b	0,0050 ^b	0,0010 ^b	0,0030 ^b	0,0010 ^b	0,0030 ^b
Nitraatti	mg/l	0,0069	20	0,0010 ^b	0,025 ^b	0,0014 ^b	0,022 ^b	0,0027 ^b	0,15 ^b	0,0010 ^b	0,023 ^b
Kloridi	mg/l	0,70	150	0,50	0,91	0,51	1,4	0,54	3,8	0,50	1,0
Sulfaatti	mg/l	2,7	65	2,2	3,2	1,62	2,6	1,5	14	2,3	3,2
Rauta	mg/l	0,20	1,0	0,12	0,38	0,34	0,73	0,018	3,9	0,10	0,26
Alumiini	mg/l	0,036	0,10	0,017	0,086	0,034	0,061	0,0029	0,0090	0,016	0,074
Arseeni	mg/l	0,000080	0,0050	0,000025 ^b	0,00011 ^b	0,000083	0,00012	0,00010	0,00013	0,000025 ^b	0,000089 ^b
Kadmium	mg/l	0,0000027	0,000080	0,0000025 ^b	0,0000068 ^b	0,0000025 ^b	0,0000078 ^b	0,0000025 ^b	0,0000075 ^b	0,0000025 ^b	0,0000250 ^b
Koboltti	mg/l	0,000046	0,0040	0,000025 ^b	0,00016 ^b	0,000025 ^b	0,000093 ^b	0,000025 ^b	0,000044 ^b	0,000016	0,00013
Kromi	mg/l	0,000364	0,0010	0,00032	0,00044	0,00036	0,00044	0,00005	0,00011	0,00033	0,00041
Kupari	mg/l	0,00049	0,0050	0,00033	0,0025	0,00020	0,00050	0,00039	0,00059	0,00039	0,00089
Elohopea	mg/l	0,0000022	0,000050	0,0000010 ^b	0,000045 ^b	0,0000010 ^b	0,0000027 ^b	0,0000093 ^b	0,00010 ^b	0,0000010 ^b	0,00020 ^b
Mangaani	mg/l	0,0048	0,70	0,0023	0,015	0,0042	0,019	0,00255	0,22	0,0018	0,015
Molybdeeni	mg/l	0,00033	1,0	0,00030	0,00041	0,00028	0,00050	0,000093	0,00013	0,00030	0,00040
Nikkeli	mg/l	0,00021	0,020	0,00013	0,00050	0,00016	0,0032	0,000086 ^b	0,00026 ^b	0,00012	0,00041
Lyijy	mg/l	0,000041	0,0072	0,000022 ^b	0,00013 ^b	0,000032	0,00010	0,000016 ^b	0,00015 ^b	0,000021	0,00018
Sinkki	mg/l	0,0014	0,030	0,00071	0,0024	0,0011	0,0020	0,00087	0,00966	0,00083	0,0089
Uraani	mg/l	0,00012	0,015	0,000092	0,00013	0,00015	0,00028	0,0000050 ^c	0,0000050 ^c	0,00011	0,00055

a Kynnysarvot TV ja hälytysrajat AV Valkeajossa

Note: Vihreällä varjostetut ylittävät kynnysarvot TVs. Oranssilla varjostetut ylittävät hälytysrajat AV

b Vähintään 50% perustila-aineistosta on alle määitysrajan

c Kaikkien näytteiden pitoisuudet alle määitysrajan.

Taulukko 6-21: Muiden vedenlaatuomuuksien pitoisuudet Valkeajoen havaintopaikoilla (ks. Figure 2-3)

Muuttuja	yksikkö	WQO FS08		FS08		FS02		FS06		FS07	
		^a TV	^a AV	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi
pH			<6 or >9	7,0	7,4	6,8	7,2	6,7	7,5	6,9	7,4
Sähköjohtavuus	mS/m	2,9	4,2	2,7	3,2	2,6	3,5	1,8	5,6	2,7	3,2
Fosfaatti	mg/l	0,012	0,017	0,0094	0,013	0,0082	0,023	0,0010	0,019	0,011	0,015
TOC	mg/l	5,4	12	3,2	8,2	6,3	10	1,2 ^b	2,1 ^b	2,7	7,2
Kalsium	mg/l	2,7	19	2,5	16	2,3	3,5	1,2	2,2	2,5	2,9
Kalium	mg/l	0,45	0,93	0,39	0,71	0,35	0,56	0,35	0,49	0,41	0,61
Magnesium	mg/l	0,70	6,4	0,63	5,3	0,67	1,0	0,38	0,49	0,60	0,74
Natrium	mg/l	1,9	4,2	1,7	3,5	1,5	2,2	0,87	1,1	1,6	2,2
Rikki	mg/l	0,97	1,4	0,88	1,0	0,67	0,86	0,50	0,64	0,93	1,1
Pii	mg/l	6,1	9,7	5,2	7,2	5,1	7,9	0,20	0,49	5,3	7,1
Barium	mg/l	0,0044	0,0093	0,0035	0,0072	0,0041	0,011	0,0047	0,0056	0,0033	0,0073
Strontium	mg/l	0,019	0,028	0,018	0,0202	0,017	0,021	0,0062	0,0076	0,018	0,020
Antimoni	mg/l	0,000012	0,000024	0,0000050 ^b	0,000016 ^b	0,000011 ^b	0,00012 ^b	0,000021	0,000026	0,0000050 ^b	0,00027 ^b

^a Kynnysarvot TV ja hälytysrajat AV Valkeajepessa

Note: Vihreällä varjostetut ylittävät kynnysarvot TVs. Oranssilla varjostetut ylittävät hälytysrajat AV.

6.3.4 Niesajoki

Valuma-alue ja yleiset virtausreitit

Niesajoki on Muonionjoen sivujoki, jonka valuma-alue jokisuulla on noin 70 km², valokuva 6-4 ja Kuva 5-4.



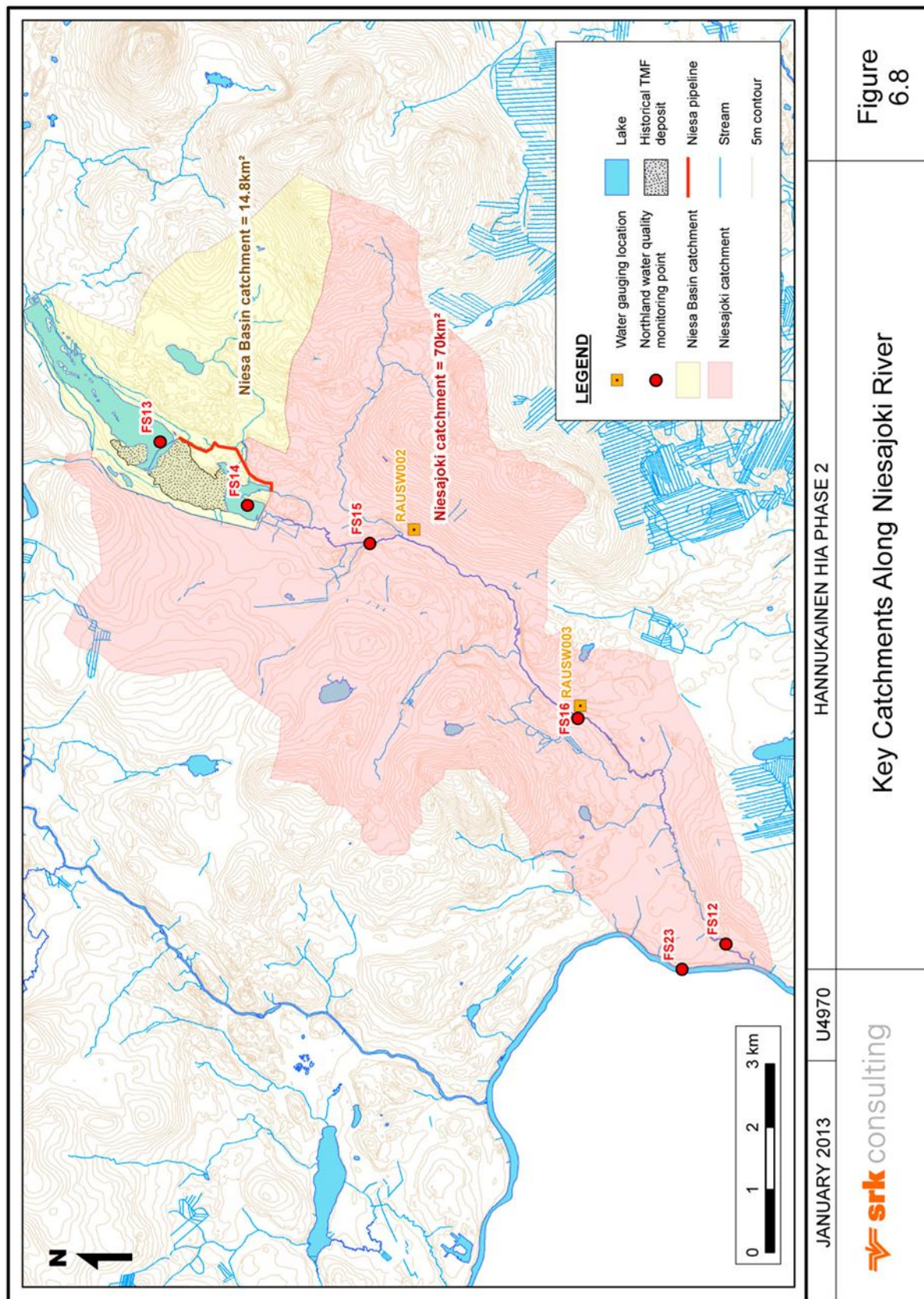
Kuva 6-4: Niesajoki kairauspaikan RAU12HYD12 läheisyydessä (SRK 14/6/2012)

Ihmistoiminta on vaikuttanut Niesajoen virtaamiin ja vedenlaatuun joen yläjuoksulla sijaitsevan rikastushiekka-alueen vuoksi. Northland suunnittelee olemassa olevan rikastushiekka-alueen laajentamista ja käyttämistä Hannukaisen hankkeen rikastushiekan varastointialueena. Nykyisen rikastushiekka-altaan jalanjälki suurenisi hankkeen myötä kun rikastushiekat peittäisivät laajemman alueen. Jälkihoitoa käsitellään tarkemmin kappaleessa 0. Tässä kappaleessa käsitellään olemassa olevaa rikastushiekka-aluetta, ja pyritään arvioimaan vaikutuksia, joita sillä on Niesajoen virtaamaan ja veden laatuun.

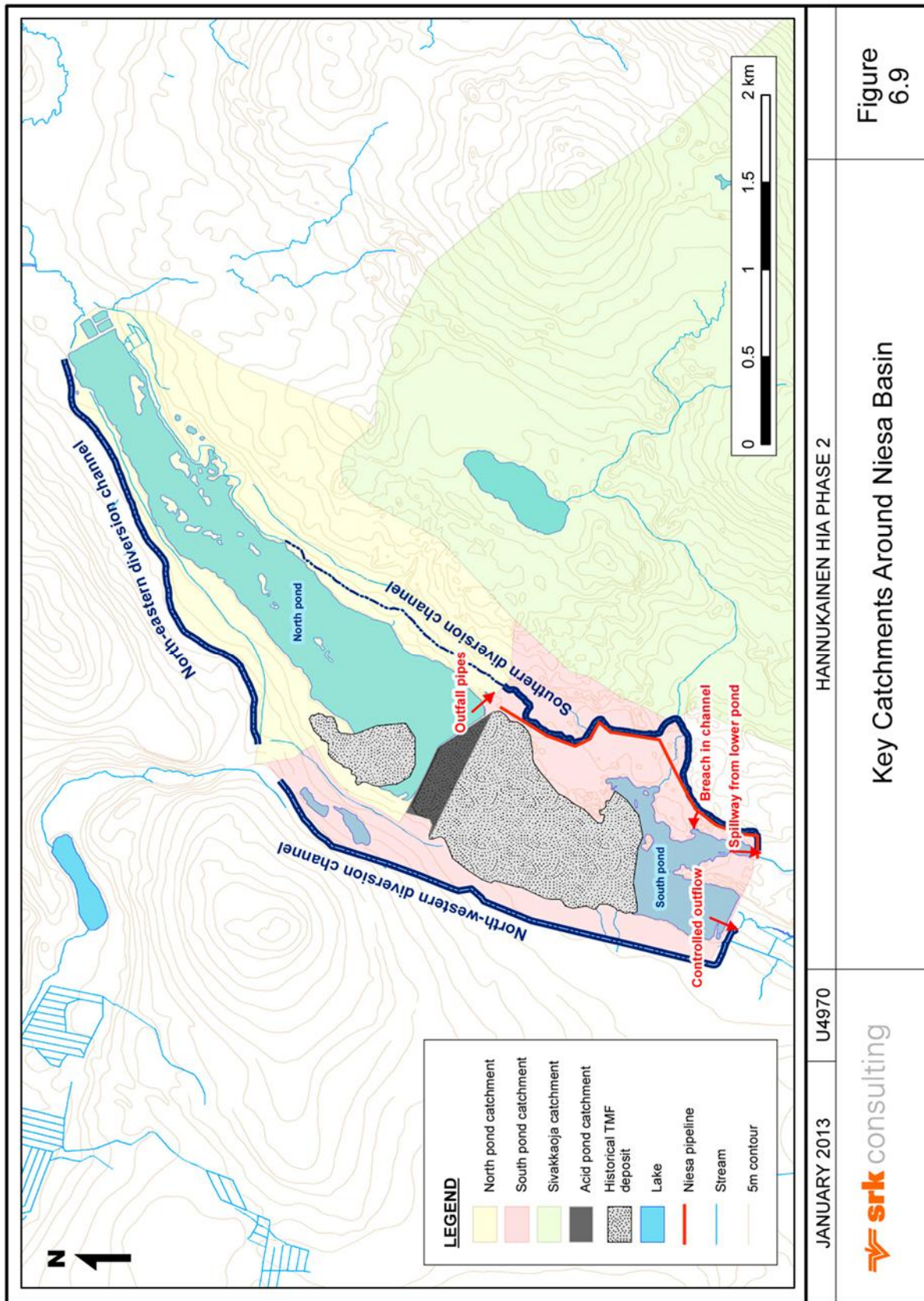
Niesan altaan valuma-alueella sijaitseva infrastruktuuri, jota hyödynnettiin aikaisemmassa kaivostoiminnassa vuosina 1978 – 1996, käsittää rikastushiekan selkeytysaltaan (pohjoisallas) ja laskeutusaltaan (eteläallas) (Kuva 6-8). Pohjois- ja eteläaltaat erottaa rikastushiekkapato. Pohjoisaltaan eteläpäässä on lisäksi pieni vesiallaspato, joka toimii vastapainepadona tarkoituksena estää rikastushiekasta tulevien happamien vesien sekoittuminen pohjoisaltaan suhteellisen puhtaisiin vesiin. Vastapainepadon takana sijaitsevaa allasta on aikaisemmissa selvityksissä kutsuttu 'happamaksi lammeksi' (GTK, 2012a).

Valuma-alueet ja nykyisen rikastushiekka-alueen sijainti on esitetty kuvassa 6-8.

Kuva 6-8: Niesajoen alueen keskeiset valuma-alueet



Kuva 6-9: Niesan altaan keskeiset valuma-alueet



Pohjoisaltaan valuma-alueen suuruudeksi on arvioitu 3,8 km² sisältäen altaan pinta-alan, joka on noin 1,4 km². Pohjoisaltaan pohjoispuolella on kaksi eristysojaa, 'koillinen eristysoja' ja 'luoteinen eristysoja', jotka ohjaavat altaan pohjoispuolen ylemmiltä alueilta tulevat luonnon valumavedet pois altaasta kohti Kylmäojaa ja Niesajokea, tässä järjestyksessä (Kuva 6-9). Nämä eristysojat tarkistettiin alueella käynnin yhteydessä toukokuussa 2012 ja ne vaikuttavat olevan kunnossa ja toimivia. lisäksi pohjoisaltaan eteläpuolella on eristysoja 'eteläinen eristysoja', (Kuva 6-9). Alueella käytäessä toukokuussa 2012 tässä ojassa ei näyttänyt olevan virtausta pohjoisaltaan suuntaisessa osassa. Sen vuoksi tässä arvioinnissa oletetaan, että pohjoisallas purkautuu eteläaltaaseen 6-9 ja Kuva 6-10 esitetyllä tavalla.

Pohjoisaltaan vedet voivat virrata etelään seuraavilla tavoilla (Kuva 6-10):

- kaksi purkuputkea johtaa altaan vettä eteläiseen eristysojaan. Nämä ojat varapurkuputkia, ja vettä pumpataan näiden putkien kautta tarvittaessa (K. Marja-Haarpaa (Pöyry), yksityinen kommentti.);
- Pinnanalainen 600 mm putki, jonka Northlandin henkilökunta on havainnut. Putki näyttää johtavan suunnilleen eteläisen eristysojan suuntaisesti Niesajoen pääuomaan eteläaltaasta alavirtaan, ja
- Suotautuminen rikastushiekkapadon läpi tai alueellisen pohjavesijärjestelmän kautta joko eteläaltaaseen tai Niesajokeen.

Happaman altaan valuma-alue on noin 0,12 km², ks. Kuva 6-9 (tumman harmaa alue, ks. selite). Valunnassa on mukana rikastushiekkapadon pinnalta tapahtuva

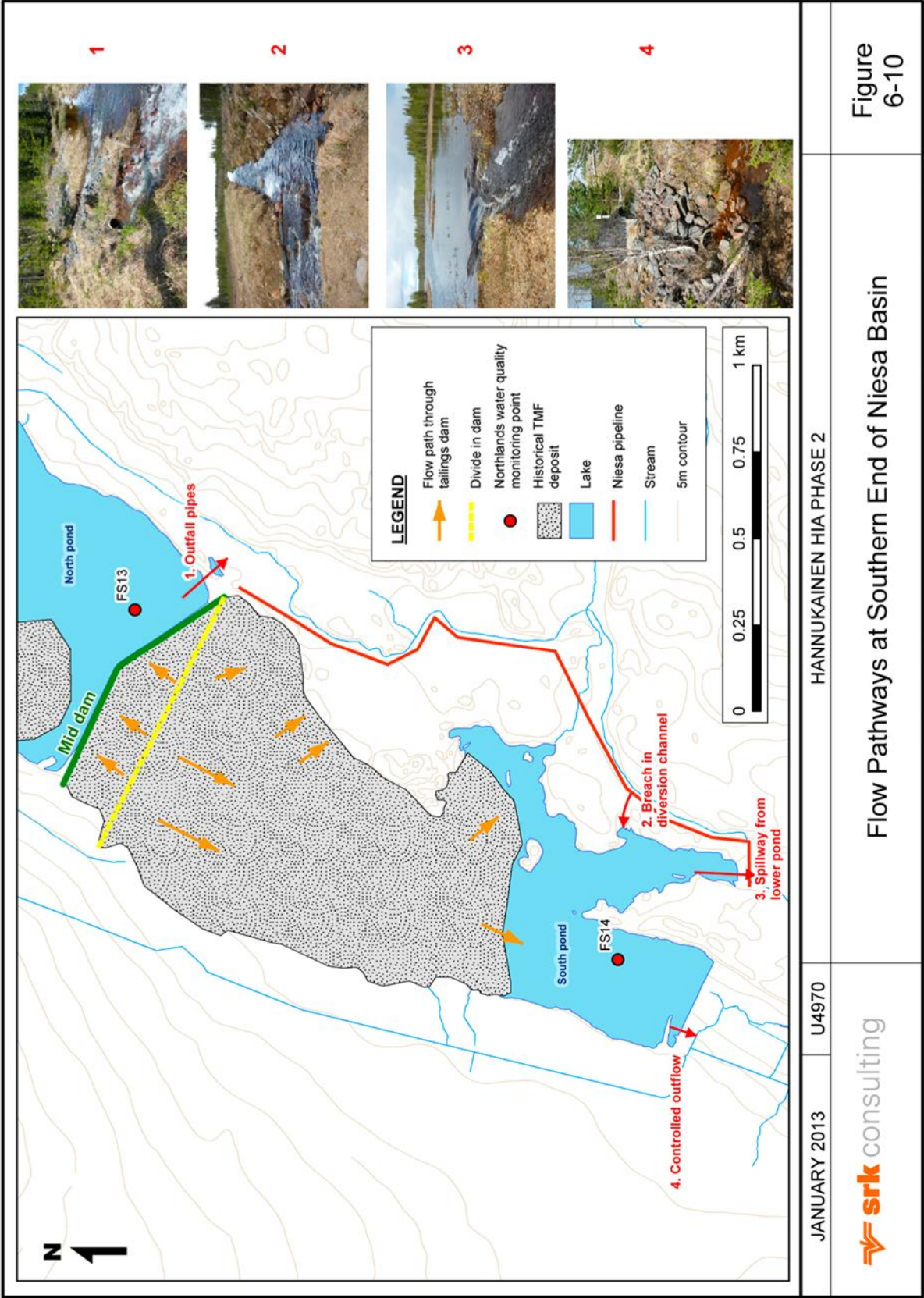
Eteläaltaan valuma-alueen nykyiseksi kooksi on arvioitu 10,9 km². Tämä sisältää rikastushiekkapadon (0,8 km²), itse lammen (0,36 km²), lammen luontaisen valuma-alueen (0,74 km²) ja Sivakkaojan valuma-alueen (8,5 km²). Sivakkaojan valuma-alueen ja eteläisen eristysojan itäpuolisen alueen valumavedet päätyvät eteläiseen. Tämän eristysojan vesien pitäisi ohittaa eteläallas ja päätyä Niesajokeen eteläaltaasta alavirtaan. Eteläinen eristysoja on kuitenkin murtunut (ja on ollut sitä useita vuosia), ja ojaan kertyvät vedet virtavat suoraan eteläaltaaseen (Kuva 6-9). Mikäli eteläinen eristysoja kunnostettaisiin, eteläaltaan valuma-alue pienenesi noin 10,9 km²:sta 2,2 km²:in. Nykyisen rikastushiekkajärjestelmän alueen keskeiset virtausreitit on esitetty kuvassa 6-10.

Vesien virtaus eteläaltaasta etelään voi tapahtua seuraavilla tavoilla:

- Vapaasti altaan kaakkoispuolen tulvavesikourua pitkin; ja
- Hallitusti altaan länsireunaa kohden sijoitettua purkuputkea myöten.

Niesan altaan (pohjoisallas, eteläallas ja hapan allas) valuma-alueenpinta-ala on kaikkiaan noin 14,8 km².

Kuva 6-10: Niesan altaan eteläpään virtausreitit



Pintavesiä ei valu Niesan altaan pohjoisaltaasta Kylmäojan suuntaan.

Tällä hetkellä pohjoisallas toimii Ylläksen jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytysaltaana. Sen sijaan kaivosvesiä tai rikastushiekkaa ei johdeta altaaseen. Pohjoisaltaan keskimääräinen vedensyvyys on 2 m (suurin syvyys noin 4 m) (K. Haanpää, Pöyry, yksityinen kommentti 24/01/2012). Pohjoisaltaan vedenkorkeus pidetään välillä 190,0 – 190,5 mmpy.

On syytä muistaa, että nykyisen Niesan altaan rikastushiekka-alueen alueen luonnonvedet ohjattiin Äkäsjokeen rakentamalla keinotekoinen uoma (Kylmäoja). Tämä uoma toimii edelleen ja sen seurauksena Niesan altaaseen ei tule valumavesiä luoteesta. Kylmäjoen nykytilaa käsitellään kappaleessa 3.3.5.

Niesan altaan ja Niesajoen vesitaseet ja pintavesien virtaamat

Pöyry laskee Niesan altaan vesitasetta ja tulokset esitetään heidän vesienhallintaa koskevassa. Niesan altaalle ja Niesajoelle tehtiin kuitenkin yksinkertaiset keskisadantaan ja – valuntaan perustuvat vesitaselaskelmat. Käytetyt menetelmät on kuvattu yksityiskohtaisemmin kappaleessa 2.2.2. Vuosivalunnat, ja valunnan kuukausittainen jakauma, perustuvat alueelliseen hydrologiseen selvitykseen, joka on esitetty liitteessä C. Valuma-alueet on määritetty saatavilla olevan topografisen kartta-aineiston avulla.

Vesitaselaskelmat mukaan luettuna arviot viiden keskeisen kohteen kuukausittaisista keskivirtaamista, on esitetty taulukossa 6-22. Keskeisinä pidettyjä ovat:

- Ulosvirtaus pohjoisaltaasta;
- Ulosvirtaus eteläaltaasta (mukaan luettuna pohjoisallas ja murtunut eteläinen eristysoja);
- Niesajoki rikastushiekka-alueen alapuolella lähellä valuma-alueen keskikohtaa. Tarkastelupaikka on vedenlaadun havaintopaikka FS15, ks. Kuva 6-8;
- Niesajoen alajuoksulla, vedenlaadun havaintoasema FS16, ks. Kuva 6-8; ja
- Niesajoen suu, vedenlaadun havaintoasema FS12, ks. Kuva 6-8.

Niesajoen suun kuukausittaisten keskivirtaamien toistuvuusajat on esitetty taulukossa 6-23. Tulokset taulukossa 6-22 ja taulukossa 6-23, perustuvat alueellisiin analyyseihin, jotka on kuvattu liitteessä C.

Alivirtaama-arviot Niesajoen keskeisille paikoille on esitetty taulukossa 6-24. Ne on laskettu liitteessä C kuvattujen menetelmien avulla.

Taulukko 6-22: Niesajoen kuukausittaiset keskivirtaamat. Laskettu käyttäen mitattuja valumia ja alueellisia hydrologisia muuttujia.

Keskeiset hydrologiset muuttujat		Kuukausittaiset osuudet												Koko vuosi	
		Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu		
Vuosisadanta	529 mm	6,5	5,1	5,4	5,9	6,4	9,8	14,0	13,4	9,6	8,9	8,6	6,3	100	
Vuosihaidunta	287 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	44,2	9,8	14,0	13,4	9,6	8,9	0,0	0,0	100	
Vuotuinen valunta	275 mm	0,0	0,0	0,0	0,3	11,0	23,7	27,6	22,9	10,4	3,8	0,4	0,0	100	
Valuntakerroin	0.52	2,7	2,0	2,0	4,1	32,6	15,0	7,7	7,3	7,5	8,7	6,5	3,9	100	
Pinta-ala		Virtaamat (Mm³)												Koko vuosi	
Pohjoisallas	1.4 km²	Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu		
allas (poistukien jätevesialtaat)	0.8 km²	0,02	0,01	0,01	0,03	0,22	0,10	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,03	0,66	
Pohjoinen valuma-alue	1.6 km²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07	0,00	0,00	0,74	
Eteläinen valuma-alue maksimi	0.1 km²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,10	0,11	0,09	0,04	0,02	0,00	0,00	0,40	
Eteläinen valuma-alue minimi	3.8 km²	0,02	0,01	0,01	0,03	0,50	0,08	0,04	0,06	0,08	0,11	0,04	0,03	1,00	
Hapan allas		YHTEENSÄ												Koko vuosi	
Eteläallas	0.74 km²	Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu		
Valuma-alue	0.8 km²	0,01	0,01	0,01	0,02	0,14	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,42	
Pato	0.36 km²	0,02	0,01	0,01	0,03	0,50	0,08	0,04	0,06	0,08	0,11	0,04	0,03	1,00	
allas	0.5 km²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,19	
Eteläisen eristysajan paikallinen valuma-alue	8.5 km²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	
Sivakkaojan valuma-alue	10.90 km²	0,07	0,05	0,05	0,10	0,81	0,37	0,19	0,18	0,19	0,21	0,16	0,10	2,48	
Yhteensä	14.82 km²	0,10	0,07	0,07	0,14	1,52	0,51	0,26	0,27	0,31	0,37	0,23	0,14	3,98	
Koko allas	37 km²	0,27	0,20	0,20	0,42	3,32	1,53	0,78	0,74	0,77	0,88	0,66	0,39	10,18	
Niesajoen keskipiste (FS 15)	59 km²	0,44	0,33	0,32	0,67	5,29	2,44	1,25	1,18	1,22	1,41	1,06	0,63	16,23	
Niesajoen alajuoksu (FS16)	69 km²	0,51	0,38	0,37	0,78	6,19	2,85	1,46	1,39	1,43	1,65	1,24	0,73	18,98	
Niesajoen suu (FS12)		Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu		
Pohjoisallas		7	5	5	10	192	30	17	21	31	42	16	10	385	
Eteläallas		37	28	27	56	585	196	102	104	118	144	89	53	1537	
Niesajoen keskipiste (FS 15)		105	79	77	161	1280	590	302	287	296	341	256	152	3926	
Niesajoen alajuoksu (FS16)		168	126	124	257	2040	941	482	457	472	543	408	242	6260	
Niesajoen suu (FS12)		196	147	144	300	2386	1101	563	534	552	636	477	283	7321	

Taulukko 6-23: Ennustetut kuukausittaiten keskivirtaamien toistuvuusjaksot Niesajoen suulla

Toistumisaika 1In vuotta	Kuukausikeskivirtaama (m³/s)											
	Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
0 KUIVA	0,09	0,08	0,08	0,08	1,09	0,40	0,19	0,13	0,16	0,21	0,14	0,12
1/50 KUIVA	0,10	0,09	0,08	0,10	1,19	0,45	0,21	0,16	0,19	0,24	0,16	0,13
1/10 KUIVA	0,13	0,11	0,10	0,15	1,55	0,63	0,31	0,25	0,28	0,35	0,24	0,18
Keskimääräinen vuosi	0,20	0,15	0,15	0,30	2,42	1,10	0,57	0,54	0,55	0,64	0,48	0,28
1 / 10 SATEINEN	0,30	0,21	0,20	0,61	3,68	1,92	1,03	1,15	1,09	1,17	0,95	0,46
1 / 50 SATEINEN	0,39	0,25	0,24	0,92	4,78	2,68	1,49	1,82	1,64	1,68	1,44	0,61
1 / 100 SATEINEN	0,42	0,27	0,26	1,07	5,24	3,01	1,69	1,93	1,89	1,91	1,66	0,68

Taulukko 6-24: 7 vrk alivirtaama- ja Q_{10} -arviot Niesajoelle

	Niesajoen suu
Vuoden 7 vrk keskialivirtaama (m^3/s)	0,12
7 vrk keskialivirtaama heinä-syyskuu (m^3/s)	0,09
Vuoden 7 vrk Q_{10} keskivirtaama (m^3/s)	0,06
7 vrk heinä-elokuun Q_{10} keskivirtaama (m^3/s)	0,07

Edellä esitetyt virtaama-arviot perustuvat alueellisten hydrologisten mittausasemien aineiston analyysiin, kts. kappale 2.2.2 ja liite C. Alueellista aineistoa käytettiin paikkakohtaisen aineiston sijaan paikallisen aikasarjan lyhyiden vuoksi. Kesäkuun 20112 loppupuolella perustettiin kuitenkin kolme hydrologista mittausasemaa Niesajokeen (RAUSW001, RAUSW002 ja RAUSW003). Kullakin kalibroidulla asemalla mitatut vedenkorkeudet muutettiin virtaamiksi käyttäen Northlandin henkilökunnan virtaamamittausten perusteella laadittuja purkauskäyriä. Virtaamamittauksista ja purkauskäyristä kerrotaan tarkemmin liitteessä B.

Heinä-lokakuun kuukausittaiset keskivirtaamat on esitetty taulukossa 6-26, jossa niitä on verrattu alueellisella arvioinnilla saatuihin keskimääräisen vuoden kuukausittaisiin keskivirtaamiin. Havaitut virtaamat ovat suurempia kuin alueellisella tarkastelulla saadut virtaama-arviot, suurimman poikkeaman ollessa havaintopaikalla RAUSW001, joka sijaitsee Rautuvaaran eteläaltaalta alavirtaan. Täällä havaitut virtaamat olivat kolme kertaa suurempia kuin keskimääräiselle vuodelle arvioidut. Niesan altaalta kauemmas alavirtaan sijaitsevilla mittausasemilla RAUSW002 and RAUSW003 havaitut virtaamat ovat noin 50 % suurempia kuin alueellisten virtaama-arvioiden keskimääräiset olosuhteet.

Koska havaintoasemien mittaustuloksia on vain neljältä kuukaudelta, on havaitun virtausaineiston perusteella vaikea tehdä mitään yleisiä johtopäätöksiä Niesajoen hydrologiasta. Kuitenkin, kuten aikaisemmin on havaittu, mittausaineisto voi viitata siihen, että alueellisen aineiston perusteella arvioidut Niesajoen virtaamat (ja erityisesti Niesan altaan ulosvirtaama) voivat olla aliarvioita todellisista havaittavista virtaamista.

Samoin kuin aiemmin tarkasteltujen havaintoasemien kohdalla, havaittua aineistoa tulee tulkita varovaisesti koska aineistoa on vain neljältä kuukaudelta. Lisäksi purkauskäyrät perustuvat niukkaan määrään virtaamamittauksia ja lokakuun 2012 yksittäinen suuren virtaaman mittaukselta vaikuttaa voimakkaasti purkauskäyrään. Virtaama oli tällöin suuri kaikilla havaintopaikoilla. Purkauskäyriin liittyy siten suurta epävarmuutta ja lisää virtaamamittauksia tarvitaan näiden asemien mittaustulosten tulkitsemiseksi.

Kun Niesajoen suun mittauksiin perustuvaa aineistoa (Taulukko 6-23) verrataan toistuvuusaikoihin, mitatut virtaamat vastaavat kerran viidessä vuodessa toistuvia sateisten jaksojen virtaamia.

Vaikkakin mittausasemien havaintokausi on liian lyhyt pitkäaikaisten keskiarvojen arvioimiseen, aineistoa voi käyttää virtaamien jakautumisen arvioimiseksi Niesajoen varrella. Vesitaselaskelmissa käytetyt alueelliset menetelmät osoittavat, että joen virtaamien pitäisi olla mittakaavassa yläpuolisensvaluma-alueen pinta-alan kanssa, eli virtaamien pitäisi kasvaa alavirran suuntaan. Näiden menetelmien mukaan, valuma-alueen pinta-alan perusteella arvioituna, pitäisi virtaamien havaintopaikalla RAUSW001 olla suunnilleen 18 % havaintopaikan RAUSW003 virtaamista. Virtaamien havaintopaikalla RAUSW002 pitäisi

puolestaan olla noin 68 % RAUSW003N virtaamista (Taulukko 6-27).

Kun samat laskelmat tehdään mitattujen aineistojen perusteella, ovat havaitut virtaamat asemalla RAUSW001 38 % aseman RAUSW003 virtaamista, huomattavasti suurempia kuin ennustetut (ks. Taulukko 6-27). Kuitenkin havaintoasemalla RAUSW002 mitatut virtaamat ovat 68 % aseman RAUSW003 virtaamista; täsmälleen samat kuin valuma-alueen pinta-alan perusteella ennustetut.

Tulokset havaintopaikalle RAUSW002 näyttävät vahvistavan valuma-aluepohjaisen lähestymistavan vesitaselaskelmissa. (Taulukko 6-22). Kuitenkin tulokset havaintopaikalle RAUSW001 viittaisivat siihen, että tämän hetkiset arviot olemassa olevalta Rautuvaaran rikastushiekka-alueelta tulevista valumista voivat olla aliarvioita. Yksi syy tähän voi olla, että pohjois- ja eteläaltaat loiventavat lumensulamisaajan valuntaa, sillä lumien sulamisvesien varastoitua aluksi alkukesästä ja purkautuessa Niesajokeen vähitellen myöhemmin kesällä. Tämä vähentäisi kevätvaluntaa verrattuna valuma-aluepohjaisiin tarkasteluihin ja lisäisi valuntaa myöhemmin kesällä.

Ilman virtaamamittausaineistoa keväänsulamiskaudelta ja ilman odotusarvoja suurempia virtaamahavaintoja asemalla RAUSW002 tätä hypoteesia ei voi vahvistaa, vaikkakin se vaikuttaisi yhdenmukaiselta sen suhteen, mitä odotetaan tapahtuvan järvestä alavirtaan. Tätä olettamusta testataan vuonna 2013, kun lisää mittaustuloksia on kerätty ja Niesajoen valunta-arvioita voidaan tarkentaa.

Ottaen huomioon mittausasemien toiminta-ajan lyhyden sekä mitattujen ja laskettujen virtaamien kohtuullisen vertailukelpoisuuden, uuden Rautuvaaran rikastushiekka-alueen vaikutusarviointi tehtiin käyttäen alueellista hydrologista arviointimenetelmää. Suositus on kuitenkin, että kun lisää mitattua virtaama-aineistoa saadaan, virtaama-arviot tarkistetaan ja tarvittaessa päivitetään.

Taulukko 6-25: Virtaamien jakautuminen Niesajoessa

^a Mitatut kuukausittaiset keskivirtaamat (m ³ /s)			
Kuukausi	RAUSW01	RAUSW02	RAUSW03
Heinäkuu	0,18	0,44	0,74
Elokuu	0,27	0,38	0,61
Syyskuu	0,21	0,46	0,71
Lokakuu	0,48	0,73	0,87
Virtaamat prosentteina mittausasemalla RAUSW03 havaituista virtaamista			
	RAUSW01	RAUSW02	RAUSW03
Heinäkuu	24 %	59 %	100 %
Elokuu	45 %	63 %	100 %
Syyskuu	30 %	65 %	100 %
Lokakuu	55 %	84 %	100 %
Keskiarvo	38 %	68 %	100 %
^bValuma-alueen perusteella	18 %	68 %	100 %

^a Kuukausittaiset keskivirtaamat virtaamamittausasemilta

^b Valuma-alueiden pinta-alan perusteella: RAUSW001, 10,9 km²; RAUSW002, 40 km²; and RAUSW003, 59 km²

Taulukko 6-26: Niesajoen Northlandin hydrologisilla asemilla havaitut virtaamat verrattuna alueellisiin virtaama-arvioihin

Paikka	Muuttuja	Heinä	Elo	Syys	Loka	Keskimäärin (Heinä-Elo)
RAUSW001	Havaittu virtaama (m³/s)	0,18	0,27	0,21	0,48	0,22
	Arvioitu keskivirtaama (m³/s)	0,1	0,1	0,12	0,10	0,09
	Prosenttia keskiarvosta	203 %	324 %	244 %	477 %	318 %
RAUSW002	Havaittu virtaama (m³/s)	0,44	0,38	0,46	0,73	0,50
	Arvioitu keskivirtaama (m³/s)	0,33	0,31	0,32	0,37	0,33
	Prosenttia keskiarvosta	135 %	123 %	145 %	198 %	152 %
RAUSW003	Havaittu virtaama (m³/s)	0,74	0,61	0,71	0,87	0,69
	Arvioitu keskivirtaama (m³/s)	0,48	0,46	0,47	0,54	0,49
	Prosenttia keskiarvosta	153 %	134 %	151 %	160 %	150 %

Vedenlaatu

Keskeisten ja muiden muuttujien (määritetty kappaleessa 3.2) mediaani- ja maksimipitoisuudet Niesajoen vesistöalueen viidellä näytteenottopaikalla on esitetty taulukossa 6-27 ja taulukossa 6-28. Havaintopaikka FS13 sijaitsee olemassa olevan Rautuvaaran rikastushiekka-alueen Pohjoisaltaassa, FS14 sen Eteläaltaassa ja havaintopaikat FS15, FS16 ja FS12 Niesan altaasta alavirtaan kuvassa 2-3 nähtävällä tavalla.

Seuraavassa tarkastellaan vain keskeisiä muuttujia ja mediaanipitoisuuksien kautta kappaleessa 2.2.2 esitetyllä tavalla.

Tulosten perusteella veden laatu paranee selvästi Niesajoen latvavesistä jokisuuta kohden, veden laadun parantuessa etäisyyden Rautuvaaran rikastushiekka-alueelta kasvaessa. Jotta muuttujien pitoisuuksien spatiaalinen vaihtelu Niesajoen valuma-alueella saatiin havainnollistettua paremmin, kunkin havaintoaseman mittausaineisto sovitettiin lognormaalijakaumaan, jokaisen muuttujan jakaumat omaan kuvaajaansa (Kuva 3-11). Tulosten perusteella useimmissa muuttujissa voidaan havaita odotetun kaltainen yleinen laimeneminen Niesajoen yläosista jokisuulle, sulfaatin, mangaanin, nikkelin ja sinkin pitoisuuksien laimetessa voimakkaimmin.

Vedenlaadun tavoitearvot WQO määritettiin kahteen Niesajoen paikkaan; havaintopaikalle FS15, aivan nykyisen rikastushiekka-alueen alapuolelle ja havaintopaikalle FS12, lähelle jokisuuta. Näiden paikkojen tavoitearvot on esitetty taulukossa 6-27 ja taulukossa 6-28.

Molempien havaintopaikkojen kaikki mediaanipitoisuudet ovat alle hälytysrajojen ja kynnysarvojen. Kaikkien maksimipitoisuuksien arvioidaan odotetusti ylittävän kynnysarvot (kynnysarvot on määritetty 80 prosenttipisteeksi mitatuista arvoista). Havaintopaikalla FS15 fosfaatin, raudan, kuparin ja kiintoaineen maksimipitoisuuksien arvioidaan ylittävän hälytysrajat. Havaintopaikalla FS12 kuparin maksimipitoisuuksien arvioidaan ylittävän hälytysrajan.

Taulukko 6-27: Vedenlaatu Niesajoen havaintopaikoilla; keskeiset muuttujat

Muuttuja	Yksikkö	FS13		FS14		WQO – FS15		FS15		FS16	
		Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	^a TV	^a AV	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi
Kiintoaine	mg/l	2,8	6,2	1,3	17	3,1	25	2,0	42	1,4	16
Ammonium	mg/l	0,26	2,3	0,0090	0,87	0,1	1	0,019	0,65	0,0050	0,28
Nitriitti	mg/l	0,0070	0,11	0,0020 ^b	0,0082 ^b	0,012	0,052	0,002 ^b	0,036 ^b	0,0041 ^b	0,011 ^b
Nitraatti	mg/l	0,24	0,80	0,015	0,069	0,28	20	0,16	0,56	0,067	0,30
Kloridi	mg/l	4,6	31	1,1	8,9	3	150	2,2	5,3	1,2	2,1
Sulfaatti	mg/l	130	230	78	190	89	160	71	100	23	50
Rauta	mg/l	0,39	2,3	0,66	3,3	0,92	4,1	0,66	4,4	0,51	2,5
Alumiini	mg/l	0,023	0,057	0,018	0,063	0,05	0,1	0,021	0,080	0,044	0,17
Arseeni	mg/l	0,000062	0,0030	0,0047	0,0099	0,0012	0,005	0,00050	0,0023	0,00050	0,0075
Kadmium	mg/l	0,0000062	0,000013	0,0000050	0,000014	0,0000064	0,00008	0,0000028 ^b	0,000013 ^b	0,0000073 ^b	0,0000096
Koboltti	mg/l	0,011	0,034	0,0011	0,068	0,0025	0,004	0,0020	0,0079	0,0015	0,0020
Kromi	mg/l	0,000076	0,00031	0,00026	0,0026	0,00033	0,001	0,00025	0,00087	0,00037	0,00052
Kupari	mg/l	0,0055	0,010	0,0023	0,012	0,0048	0,005	0,0023	0,010	0,0015	0,0090
Elohopea	mg/l	0,0000020 ^b	0,000016 ^b	0,0000020 ^b	0,000029 ^b	0,0000022	0,00005	0,0000001 ^b	0,000029 ^b	0,00015 ^b	0,00020 ^b
Mangaani	mg/l	0,88	2,2	0,10	2,7	0,29	0,7	0,18	0,60	0,050	0,20
Molybdeeni	mg/l	0,000050 ^b	0,000066 ^b	0,00045	0,00068	0,0002	1	0,00015	0,00022	0,00015	0,00020
Nikkeli	mg/l	0,0099	0,017	0,011	0,024	0,0066	0,02	0,0048	0,0099	0,0017	0,0049
Lyijy	mg/l	0,000053	0,00017	0,000057	0,00022	0,000078	0,0072	0,000043	0,00024	0,000040	0,00011
Sinkki	mg/l	0,00015	0,00033	0,0011	0,0015	0,00041	0,015	0,00038	0,00049	0,00025	0,00029
Uraani	mg/l	0,0065	0,028	0,0013	0,018	0,0024	0,03	0,0015	0,0037	0,0016	0,0084

a Niesajoen kynnysarvot TV ja hälytysrajat AV.

Huom: Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

b Vähintään 50 % muuttujan arvoista on alle määrittysrajan.

c Kaikkien näytteiden pitoisuudet alle määrittysrajan.

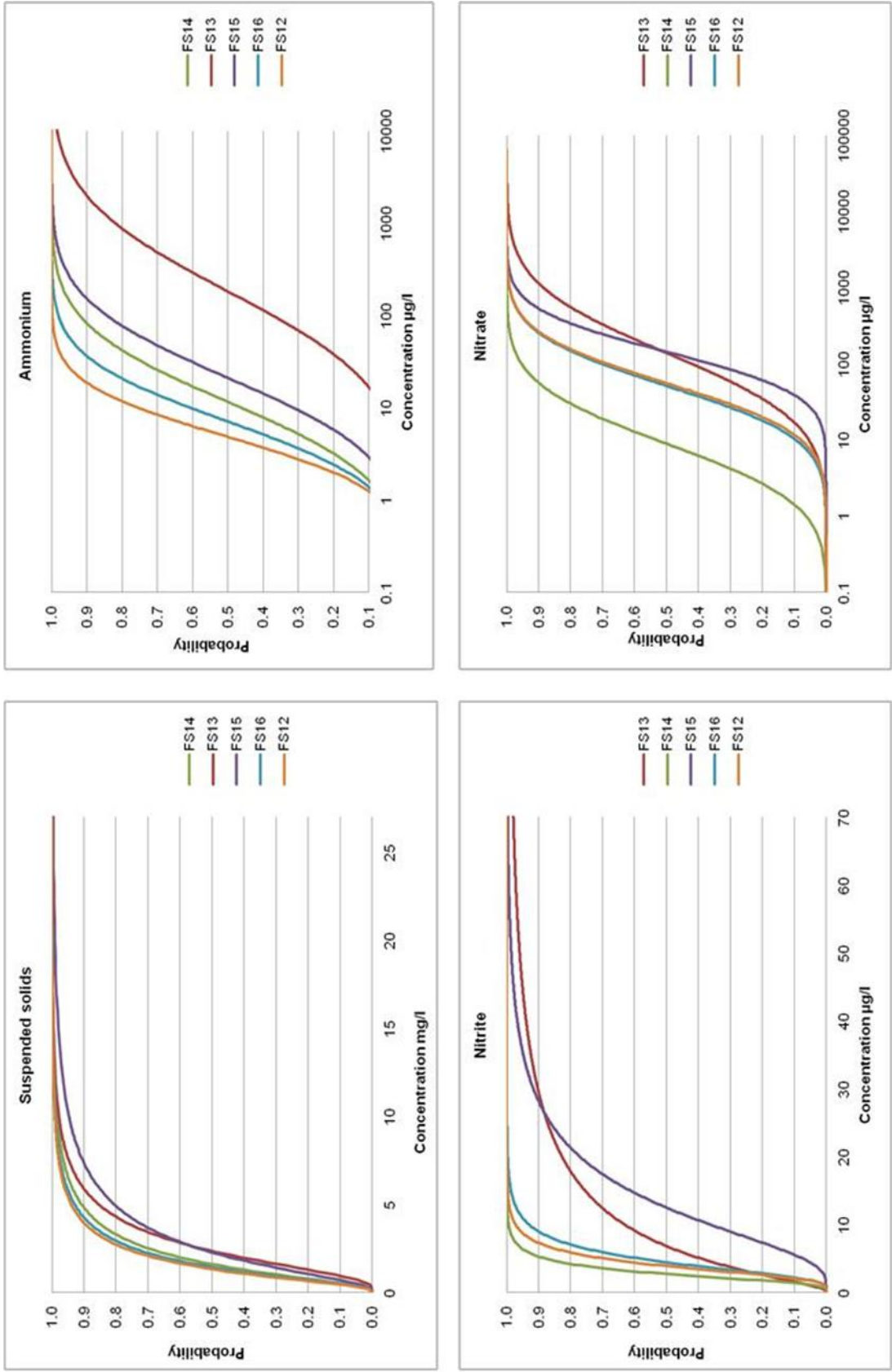
Taulukko 6-28: Vedenlaatu Niesajoen havaintopaikoilla; Muut muuttujat

Muuttuja	Yksikkö	FS13		FS14		WQO – FS15		FS15		FS16	
		Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi	^a TV	^a AV	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maks
pH		6,9	7,8	7,2	7,7		<6 or >9	6,9	7,4	6,8	7,3
Sähkönjohtavuus	mg/l	32	54	23	47	26	41	21	28	9,6	24
Fosfaatti	mg/l	0,0021	0,024	0,0040	0,019	0,007	0,036	0,0037	0,69	0,0040	0,01
TOC	mg/l	3,5	5,0	6,3	8,7	9,2	15	5,9	11	6,2	12
Kalsium	mg/l	34	62	26	45	25	46	20	31	9,6	22
Kalium	mg/l	4,1	5,4	2,5	4,4	3	4,9	2,4	3,4	1,3	2,1
Magnesium	mg/l	14	37	11	17	9,8	17	9	11	4,7	6,1
Natrium	mg/l	6,6	8,8	3,8	7,2	5,3	9,1	4,1	6,5	2,8	4,1
Rikki	mg/l	45	52	26	43	29	53	27	36	12	17
Pii	mg/l	1,8	7,1	3,1	7,7	4,4	11	3,8	8,5	5,2	9,2
Barium	mg/l	0,015	0,022	0,014	0,024	0,01	0,014	0,0097	0,012	0,0072	0,00
Strontium	mg/l	0,085	0,091	0,040	0,054	0,07	0,11	0,055	0,074	0,030	0,04
Antimoni	mg/l	0,000011 ^b	0,000034 ^b	0,000039 ^b	0,000082 ^b	0,000022	0,000059	0,000017 ^b	0,000039 ^b	0,000017 ^b	0,000

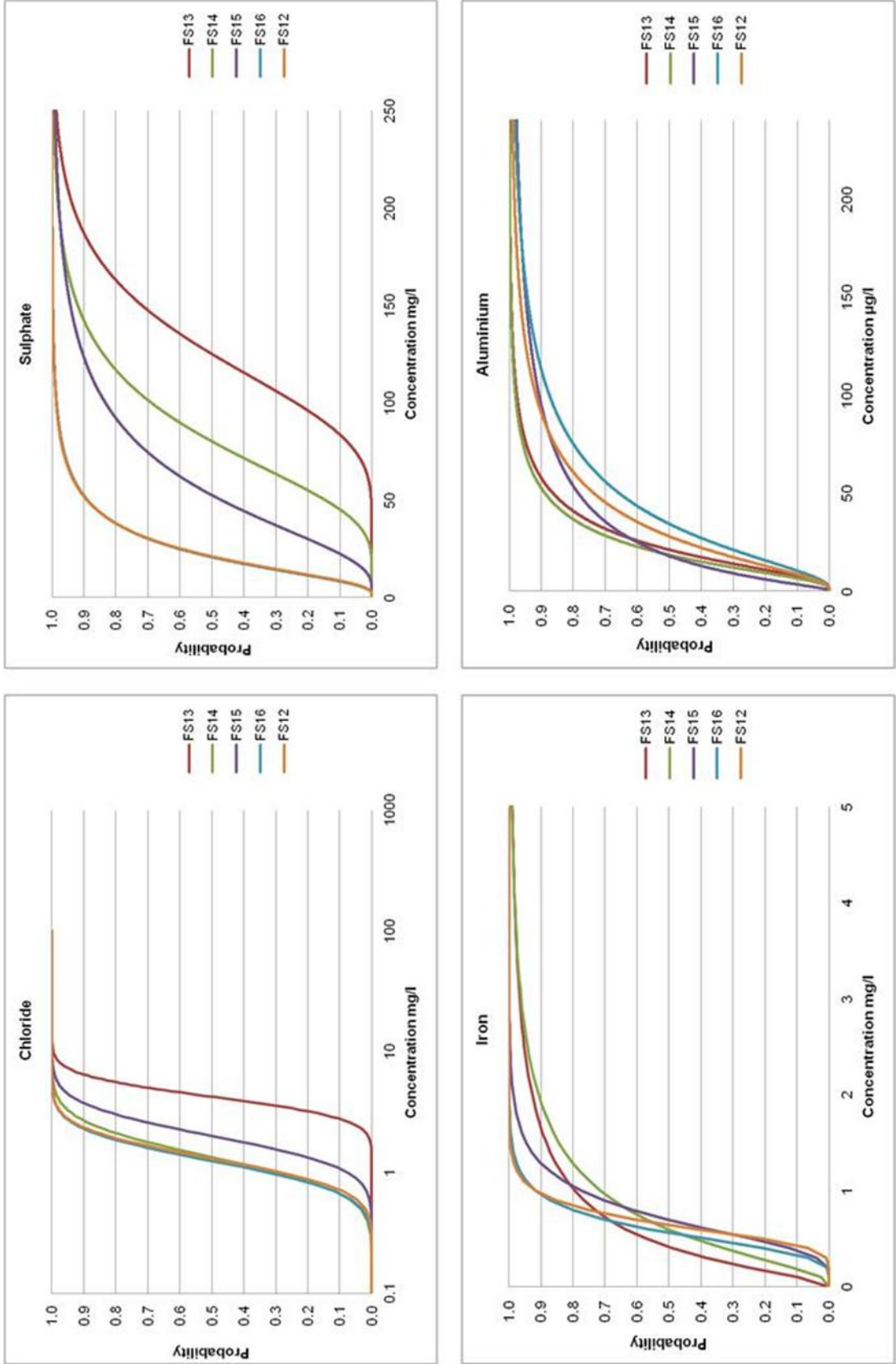
^a Niesajoen kynnysarvot TV ja hälytysrajat AV.

Huom.: Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

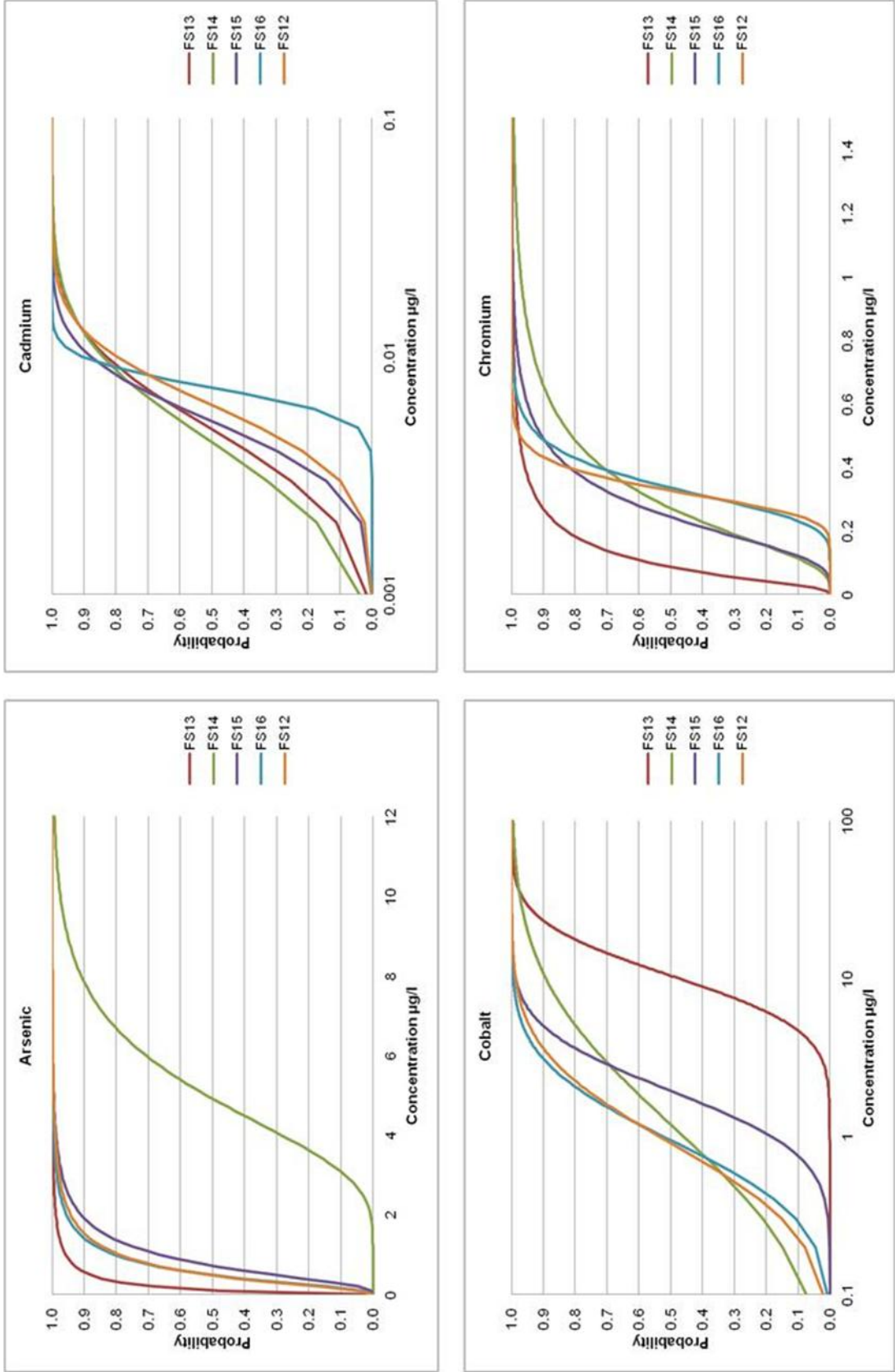
^b Vähintään 50% muuttujan arvoista on alle määritysrajan.



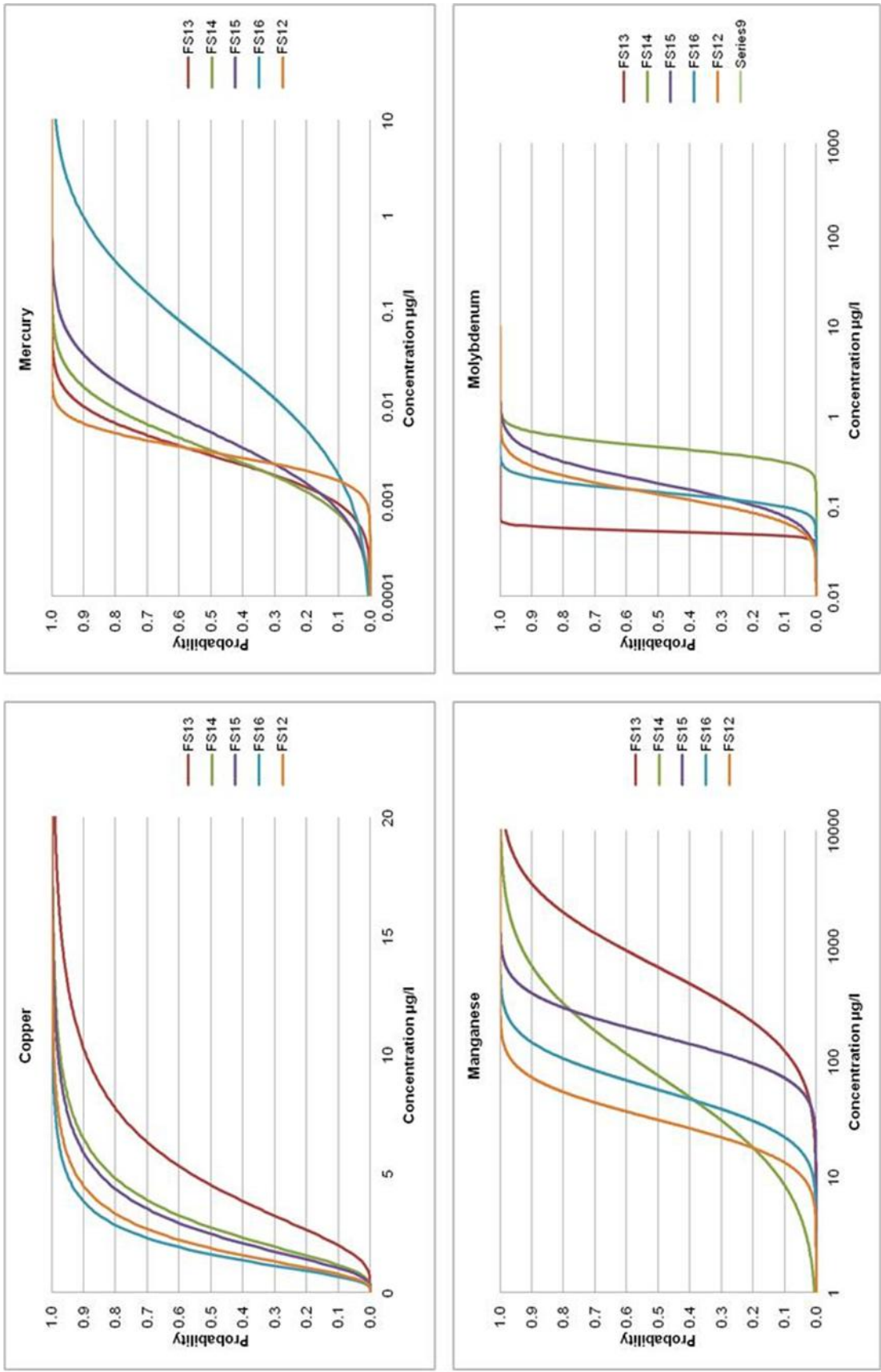
Kuva 6-11: Niesajoen perustilan vedenlaatuaineistoa, sovitettu lognormaalijakaumaan.



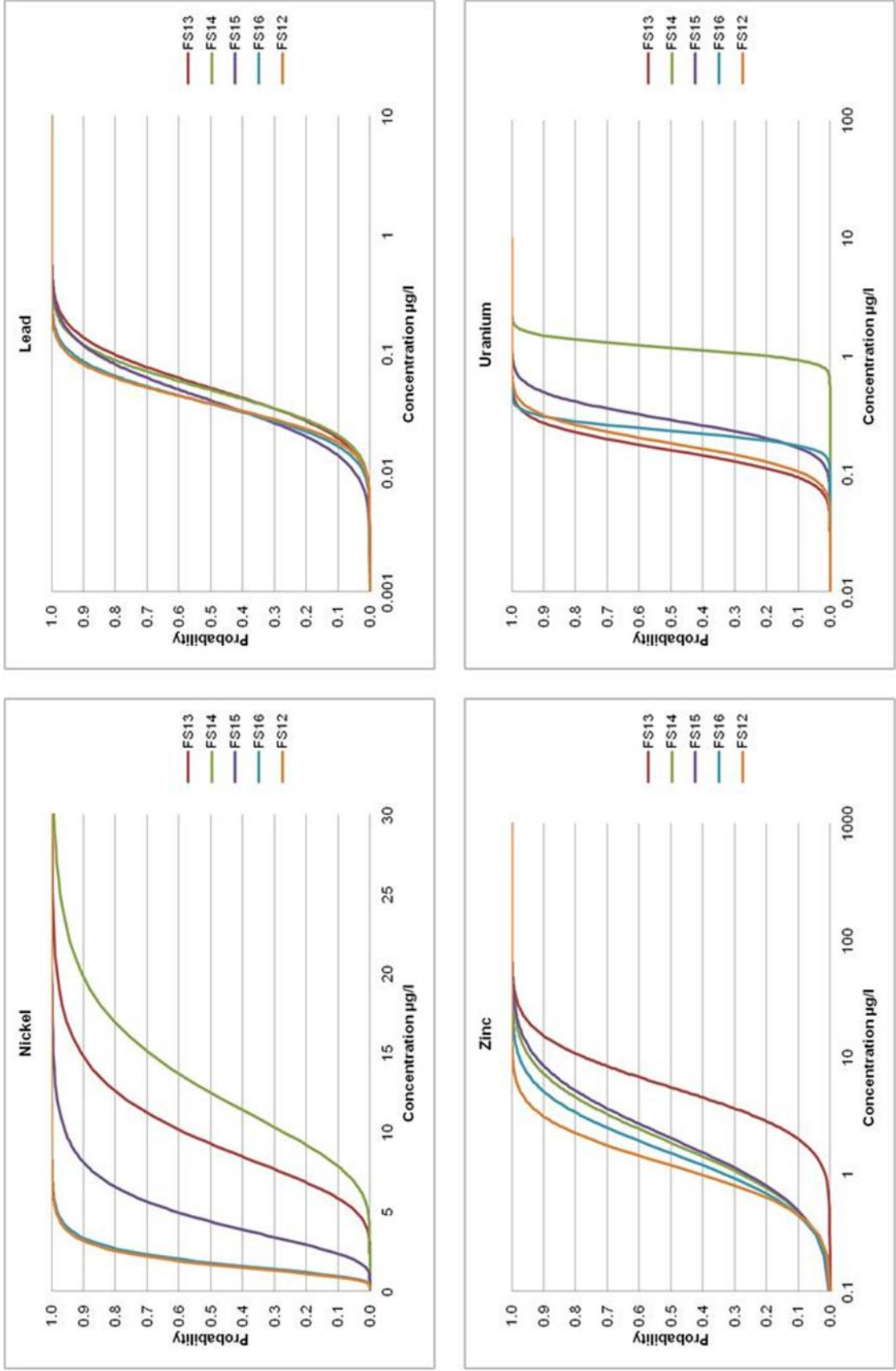
Kuva 6-11 jatkuu: Niesajoen perustilan vedenlaatuaineistoa, sovitettu lognormaali jakaumaan.



Kuva 6-11 jatkuu Niesajoen perustilan vedenlaatuaineistoa, sovitettu lognormaali jakaumaan.



Kuva 6-11 jatkuu: Niesajoen perustilan vedenlaatuaineistoa, sovitettu lognormaalijakaumaan.



Kuva 6-11 jatkuu: Niesajoen perustilan vedenlaatuaineistoa, sovitettu lognormaali jakaumaan.

Niesajoen vedenlaatua arvioitaessa tärkeä kysymys on, missä määrin jokisuun kokonaiskuormitukset ovat peräisin olemassa olevan Rautuvaaran rikastushiekka-alueen valunnasta ja suotamisesta. Tältä alueelta tulevan kuormituksen arviointi on tärkeää, jotta siihen kohdistuvien muutoksien aiheuttamat vaikutukset Niesajoen vedenlaatuun voidaan arvioida tässä raportissa.

Alueelle tehtiin yksinkertainen kuormitustaselaskelma (Taulukko 6-29), jossa mediaanipitoisuudet havaintopaikoilla FS15 ja FS12 kerrottiin näiden havaintopaikkojen vuoden keskivirtaamalla (laskelmat perustuivat kappaleessa 2.2.2 esitettyihin virtaama-arvioihin). Nämä laskelmat antavat karkean arvion kunkin muuttujan vuosittaisesta kokonaiskuormituksesta (kg) kullakin näytteenottopaikalla. Nämä kuormitukset ilmoitettiin sitten prosentteina kuormituksesta havaintopaikalla FS12 (Niesajoen suu). Prosenttiosuus laskettiin havaintopaikalle FS15, joka on joen ylin näytteenottopaikka ja sijaitsee aivan olemassa olevan Rautuvaaran rikastushiekka-alueen alapuolella, ja kuvaa rikastushiekka-alueelta tulevan kuormituksen osuutta.

Valuma-alueen pinta-ala havaintopaikan FS15 kohdalla on 54 % Niesajoen suun (FS12) valuma-alueesta. Siten mikäli muuttujan pitoisuus on sama koko Niesajoen valuma-alueella, pitäisi kuormituksen prosentuaalisen osuuden havaintopaikalla FS15 olla myös 54 % havaintopaikalla FS12 todetuista, samassa suhteessa kuin valuma-alueiden pinta-alat.

Taulukossa 6-29 esitettyjen laskelmien epävarmuus on suuri, sillä kuormitus vaihtelee eri aikoina virtausolosuhteiden mukaan, samoin rikastushiekka-allasalueen suhteellinen kuormitus vaihtelee vuoden aikana. Varsinaisia numeerisia arvoja taulukossa 6-29 ei pitäisikään ottaa täsmällisinä (esimerkiksi, joidenkin muuttujien prosentuaaliset arvot ovat >100 %); niillä voidaan kuitenkin erottaa muuttujat kolmeen pääryhmään:

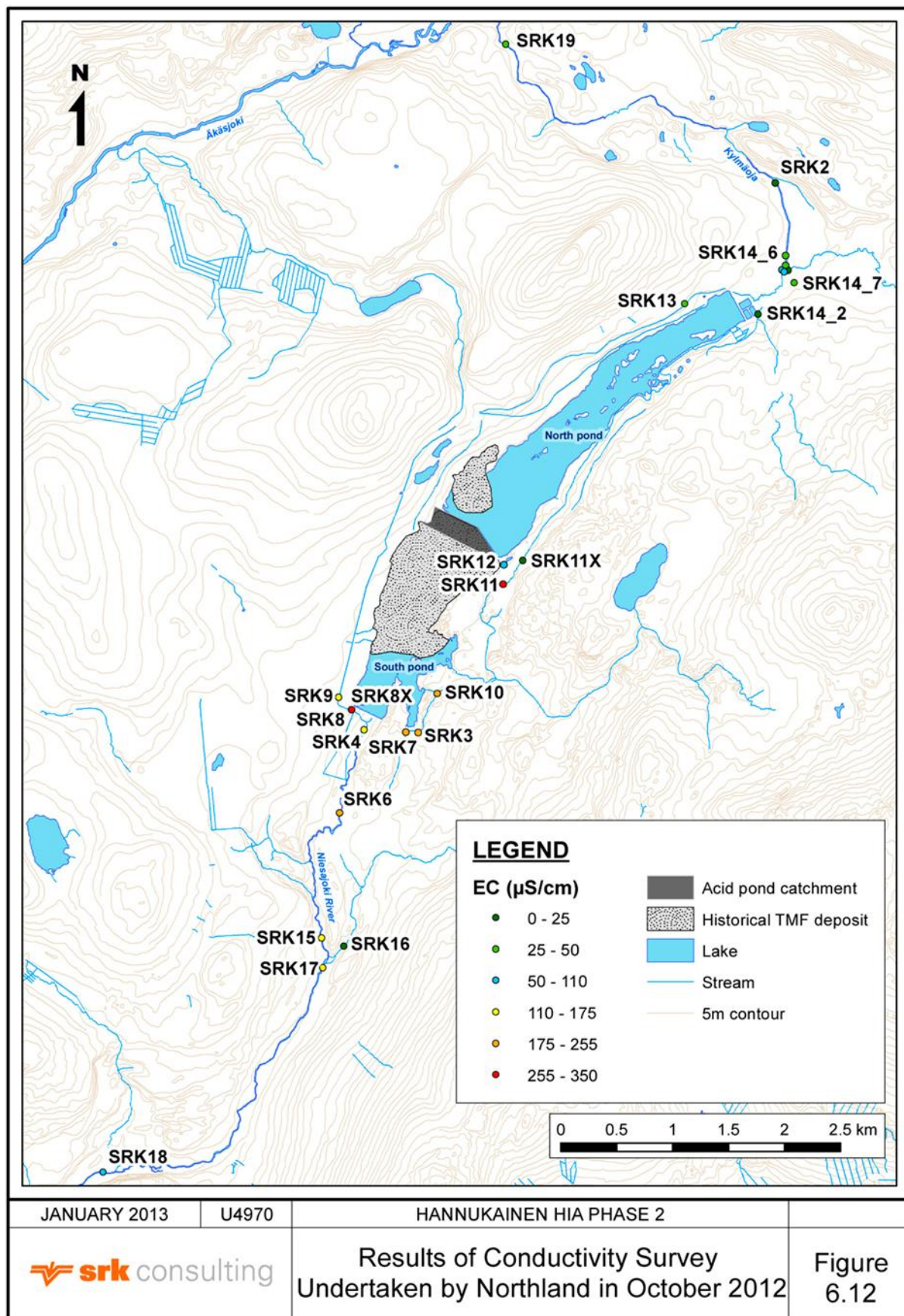
- Tulosten perusteella koko ammoniakkin, nitriitin, nitraatin, kloridin, sulfaatin, mangaanin ja nikkelin kuormitus havaintopaikalla voisi olla peräisin nykyiseltä rikastushiekka-alueelta. Todellisuudessa kaikki kuormitus ei ole rikastushiekka-alueelta peräisin; analyysin perusteella rikastushiekka-alueelta tuleva valunta ja suotautuminen aiheuttavat pääosin näiden muuttujien pitoisuudet havaintopaikalla FS12;
- Kuparin, uraanin ja sinkin osalta tulokset viittaavat siihen, että noin 65 – 87 % Niesajoen suun kuormituksesta olisi peräisin nykyiseltä rikastushiekka-alueelta. Näiden muuttujien osalta laskelmista voi esittää, että rikastushiekka-allas on kuormituksen päälähte.; ja
- Muiden muuttujien, eli raudan, alumiinin, kadmiumin, koboltin, elohopean, kromin, molybdeenin ja lyijyn, rikastushiekka-alueelta peräisin olevat pitoisuuksien prosentuaaliset osuudet vastaavat sitä että pitoisuudet olisivat tasaiset koko valuma-alueella (toisin sanoen noin 54 %). Tämän perusteella näiden muuttujien osalta rikastushiekka-alue ei ole keskeinen kuormituslähde jokisuulla. On syytä huomata, että nämä tulokset eivät sovi yhteen Kylmäojan analyysien kanssa (kappale 3.3.5), joissa havaittiin muun muassa kohonneita kadmiumin, elohopean ja koboltin pitoisuuksia, joiden oletetaan olevan peräisin nykyisen rikastushiekka-alueen pohjoisaltaan suotovesistä. Tämä ristiriita voi heijastaa tässä osiossa käytetyn menetelmän epävarmuuksia ja virheitä; se voi kuitenkin viitata pohjois- ja eteläaltaiden pitoisuuseroihin (ks. Taulukko 6-27), sillä näiden muuttujien pitoisuuksien voi havaita olevan korkeampia pohjoisaltaassa (FS13) kuin eteläaltaassa (FS14).

Yksityiskohtaisemmassa vedenlaatuaineiston analyysissä voi mahdollisesti löytyä erilaisia trendejä; koska vedenlaatunäytteiden määrä vuotta kohden on niukka (tyypillisesti viisi), on epätodennäköistä, että aineistoa olisi riittävästi monimutkaisemman käsitteellisen mallin luomiseksi.

Olemassa olevan rikastushiekka-alueen kuormituksen tärkeydestä on saatu lisävahvistusta lokakuussa 2012 kerätystä aineistosta. Northlandin henkilökunta (A. Haaparanta) selvitti Niesajoen sähkönjohtokykyä kenttämittauksilla lokakuussa 2012. Johtokyky viittaa liuenneisiin aineisiin (Total Dissolved Solids, TDS), joiden pitoisuuden odotetaan olevan koholla nykyisellä rikastushiekka-alueella (kuten TDS:n merkittävän komponentin sulfaattien korkeat pitoisuudet havaintopaikalla FS13 osoittavat). Mittauskierros tehtiin lokakuussa jolloin pintavalunta on alhaista, niin että purojen virtaamien odotetaan olevan pohjavesistä lähtöisin (mukaan lukien olemassa olevalta rikastushiekka-alueelta tuleva suotautuminen), ja pintavesivalunnan aiheuttama laimeneminen on vähäistä. Johtokykymittauksen tulokset on esitetty kuvassa 6-12 ja niiden perusteella korkeimmat johtokykyarvot havaittiin nykyisen rikastushiekka-alueen lähellä. On huomioitava, että lokakuussa 2012 tehtyjä johtokykymittauksia on vaikea verrata perustilaselvitysten vedenlaatuaineistoon, sillä arvot ovat riippuvaisia kenttämittauksissa käytetyn johtokykyanturin kalibroinnista.

Northlandin henkilöstön johtokykymittausten kanssa samanaikaisesti tekemien virtaamamittausten pohjalta tehtiin yksinkertaiset kuormitustaselaskelmat. Aineistoa laajennettiin virtaamamittausasemien aineistolla. Tulokset esitetään taulukossa 6-30. Tulokset ovat yhtenevät yksityiskohtaisemman kuormitustaselaskelman (Taulukko 6-29) kanssa: suunnilleen 100 % Niesajoen suun kuormituksesta näyttää olevan peräisin nykyiseltä rikastushiekka-alueelta.

Kuva 6-12: Northlandin johtokykymittausten tulokset, lokakuu 2012



P:\4784 Rautuvaara HIA\Project\Data\GIS\0. mxd\Figures for reports\Phase 5 FINAL report\Figure 6-9 EC survey_PH2_HIA.mxd

Taulukko 6-29: Niesajoen yksinkertainen kuormitustase

Havaintopaikka		Vuoden keskivirtaama (L/s)	Havaittu mediaanipitoisuus (mg/L)									
			Ammoniaki	Nitriitti	Nitraatti	Kloridi	Sulfaatti	Rauta	Alumiini	Arseeni	Kadmium	Koboltti
FS15		327	18,5	12	177	2,3	71,1	0,671	18,6	0,5	0,0053	2
FS12		610	3,06	3,5	88,8	1,35	25,3	0,659	32,8	0,5	0,0068	2
Vuosittainen kuormitus (kg); Pitoisuus x Vuoden keskivirtaama												
FS15		327	191.000	124.000	1.820.000	23.700	734.000	6.920	192.000	5.160	54.7	20.600
FS12		610	58.900	67.300	1.710.000	25.900	487.000	12.700	632.000	9.620	131	38.500
Osuus prosentteina kokonaiskuormituksesta havaintopaikalla FS12 (Niesajoen suu)												
FS15		327	a>100 %	a>100 %	a>100 %	a>100 %	a>100 %	55 %	30 %	54 %	42 %	54 %
FS12		610	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

a Muuttijat, joissa noin 100 % kuormituksesta näyttää olevan peräisin nykyiseltä rikastushiekka-alueelta. Huomaa, että joitkut arvot ovat >100 % laskentamenetelmän epävarmuuksien vuoksi, katso tarkemmin tekstistä.

Valuma-alueenpinta-ala havaintopaikalla FS15 on 54 % havaintopaikan FS12 valuma-alueesta.

Havaintopaikka		Vuoden keskivirtaama (L/s)	Havaittu mediaanipitoisuus (mg/L)									
			Kromi	Kupari	Elohopea	Mangaani	Molybdeeni	Nikkeli	Lyijy	Sinkki	Uraani	
FS15		327	0,25	2,09	0,0023	166	0,161	4,6	0,0416	1,5	0,3	
FS12		610	0,328	1,5	0,0037	33,5	0,16	1,5	0,0382	1,24	0,184	
Vuosittainen kuormitus (kg); Pitoisuus x Vuoden keskivirtaama												
FS15		327	2580	21500	23,7	1710000	1660	47500	429	15500	3090	
FS12		610	6320	28900	71,2	644000	3080	28900	735	23800	3540	
Osuus prosentteina kokonaiskuormituksesta havaintopaikalla FS12 (Niesajoen suu))												
FS15		327	41 %	75 %	33 %	a>100 %	54 %	a>100 %	58 %	65 %	87 %	
FS12		610	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	

a Muuttijat, joissa noin 100 % kuormituksesta näyttää olevan peräisin nykyiseltä rikastushiekka-alueelta. Huomaa, että joitkut arvot ovat >100 % laskentamenetelmän epävarmuuksien vuoksi, katso tarkemmin tekstistä.

Valuma-alueenpinta-ala havaintopaikalla FS15 on 54 % havaintopaikan FS12 valuma-alueesta.

Taulukko 6-30: Northlandin lokakuun 2012 kenttämittauksiin perustuva kuormitustase.

Niesan altaan itäpuoli	Kuvaus	Johtokyky (mS/m)	Virtaama (m ³ /s)	^a Kuormituksen kuvaaja (mSm ³ /m)	Osuus kokonaiskuormituksesta havaintopaikalla SRK18 (%)
SRK11	Pohjoisaltaan ulosvirtaus	35,1	0,23	8,2	98,5
SRK10	Läntinen ohituskanava	25,6	0,27	6,9	83,4
SRK7	Eteläaltaan ulosvirtaus (tulvavesikouru)	25,5	0,30	7,6	92,2
Niesan länsipuoli					
SRK9	Luoteinen ohituskanava	17,5	0,02	0,3	3,8
SRK8	Niesan altaan alapuoli	9,6	0,05	0,5	5,9
SRK8X	Eteläaltaan ulosvirtaus	29,7	0,01	0,2	2,9
Niesan altaan alapuoli					
SRK6	Niesan altaan alapuoli, Niesajoen pääuoma	25,7	0,37	0,9	>100,0
SRK15	Niesajoen pääuoma	16,7	0,44	7,4	88,8
SRK16	Sivujoki	2,2	0,12	0,3	3,2
SRK17	Niesajoen pääuoma	13,4	0,56	7,5	90,4
SRK18	Niesajoen pääuoma	11,0	0,75	8,3	100,0

^a Laskettuna Johtokyky x Virtaama. Tämä kuvaa kuormitusta (kg), mutta yksikkönä on käytetty mSm³/m. Johtokyky tulisi muuntaa muotoon kg/L todellisen kuormituksen saamiseksi. Tässä käytetty arvo on kuitenkin tarpeeseen nähden riittävä.

Oranssilla korostettu rivi vastaa taulukossa 6-13 esitettyä havaintopaikkaa FS15

6.3.5 Kylmäoja

Valuma-alue ja päävirtausreitit

Kylmäoja on Äkäsjoen sivujoki, jonka valuma-alueen pinta-ala on 38,8 km². Sitä kutustaan toisinaan myös Kylmämaanojaksi (Northland, 2011a), Valokuva 6-5.



Valokuva 6-5: Kylmäoja lähellä kairauspaikkaa RAU12HYD14 (SRK 10/06/2012)

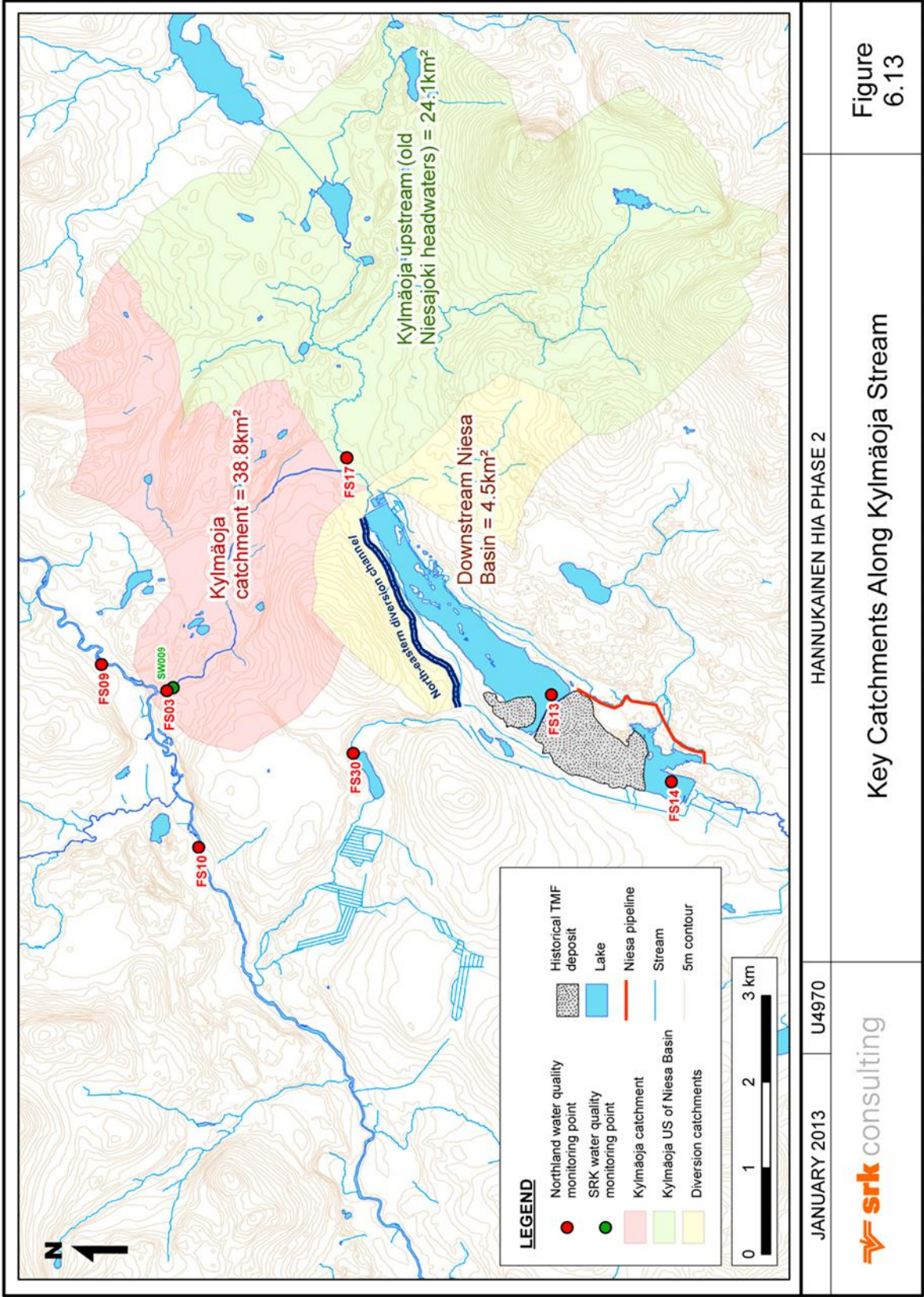
Kylmäojan luonnollinen valuma-alue oli huomattavasti nykyistä pienempi. Kylmäojan nykyiset latvavedet laskivat ennen Niesan laaksoon ja kuuluivat Niesajoen vesistöön. (

Kuva 6-13). Kun Niesan laaksosta tuli rikastushiekan läjitysalue, Niesajoen latvavedet ohjattiin Kylmäojaan rakennetun uoman kautta. Tämä keinotekoinen kanava on nykyään Niesajoen entisten latvavesien purkureitti Kylmäojaan ja edelleen Äkäsjokeen.

Äkäsjokeen purkautuessaan Kylmäojan valuma-alue on noin 520 km², joten Kylmäoja on kooltaan noin 7 % Äkäsjokesta.

Niesan allasalueelta ei valu pintavesiä Kylmäojan valuma-alueelle, mutta pohjoisaltaasta sinne kylläkin suotautuu vesiä jaksossa 6.1 kuvatulla tavalla

Kuva 6-13: Kylmäoja keskeiset osavalmu-alueet



Pintaveden virtaamat

Kylmäojan vuosittainen keskivalunta on alueellisen virtaamamittausaineiston perusteella laskettuna arviolta noin 250 mm (liite C). Kylmäojan kuukausittaiset keskivirtaama-arviot on esitetty taulukossa 6-31, ja arvioidut kuukausittaiset toistuvuusjaksot taulukossa.

Kylmäojan suun alivirtaama-arviot on esitetty taulukossa 6-33.

Kylmäojan suun läheisyyteen asennettiin hydrologinen mittausasema vuoden 2012 heinäkuun lopulla (RAUSW004). Kalibroidulla asemalla mitatut vedenkorkeudet on muutettu virtaamiksi käyttäen Northlandin henkilökunnan mittaamien virtausnopeuksien avulla määritettyä purkauskäyrää. Virtaamamittausten ja purkauskäyrien tarkemmat tiedot on esitetty liitteessä B.

Kuukausittaiset keskivirtaamat laskettiin heinä-lokakuulle ja niitä verrattiin keskimääräisen vuoden kuukausivirtaamiin, jotka on laskettu alueellisen hydrologisen analyysin tuloksien perusteella (liite C). Tulokset on esitetty taulukossa 6-34.

Taulukko 6-31: Kylmäjoen kuukausittaiset keskivalunnat ja virtaamat

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo
Keskivalunta (mm)	6,7	5,0	4,9	10,3	81,6	37,6	19,3	18,3
Keskivirtaama (m ³ /s)	0,11	0,083	0,081	0,17	1,3	0,62	0,32	0,3

Taulukko 6-32: Kylmäjoen kuukausittaisen keskivirtaamien toistuvuusjaksojen ennusteet.

Toistumisaika 1/n vuotta	Kuukausittainen keskivirtaama (m ³ /s)							
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo
0 KUIVA	0,046	0,041	0,040	0,043	0,56	0,21	0,096	0,068
1/50 KUIVA	0,051	0,044	0,043	0,050	0,61	0,23	0,11	0,080
1/10 KUIVA	0,066	0,054	0,053	0,076	0,79	0,32	0,16	0,13
Keskimääräinen vuosi	0,11	0,083	0,081	0,17	1,3	0,62	0,32	0,3
1 / 10 SATEINEN	0,15	0,10	0,10	0,31	1,88	0,98	0,53	0,59
1 / 50 SATEINEN	0,20	0,13	0,12	0,47	2,44	1,37	0,76	0,93
1 / 100 SATEINEN	0,22	0,14	0,13	0,55	2,68	1,54	0,86	0,99

Taulukko 6-33: Kylmäjoen 7 vrk alivirtaama- ja Q₁₀-arviot

	Kylmäoja
Vuoden 7 vrk keskialivirtaama (L/s)	33
7 vrk keskialivirtaama heinä-syyskuu (L/s)	19
Vuoden 7 vrk Q ₁₀ keskivirtaama (L/s)	11
7 vrk heinä-elokuun Q ₁₀ keskivirtaama (L/s)	14

Taulukko 6-34: Kylmäojan hydrologisella mittausasemalla RAUSW004 havaitut virtaamat

Havaintopaikka	Muuttuja	Heinä	Elo	Syys	Loka	Keskiarvo (Heinä-syyskuu)
RAUSW004	Havaittu virtaama (m ³ /s)	0,75	0,46	0,69	0,94	0,71
	Arvioitu keskivirtaama (m ³ /s)	0,32	0,30	0,31	0,36	0,32
	Osuus keskiarvosta %	236 %	153 %	222 %	261 %	220 %

Havaitut virtaamat ovat merkittävästi suurempia (noin 200 %) kuin alueelliset virtaama-arviot. Aineiston perusteella näyttäisi siltä, että alueelliset virtaama-arviot Kylmäjoelle ovat huomattavasti aliarvioituja.

Siten näyttää siltä että Kylmäojan virtaamat tarkkailujaksolla olivat merkittävästi suurempia kuin liitteessä C kuvatulla alueellisella hydrologisella lähestymistavalla ennustetut. Yksi syy tälle voi olla löytyä laajoista kosteikoista, joita esiintyy keinotekoisien kanavien yhteydessä. Kanava tehtiin nykyisen Rautuvaaran rikastushiekka-alueen rakentamisen yhteydessä Niesajoen latvavesien kääntämiseksi Kylmäjoaan. Puron gradientti kääntämiskohdasta ylävirtaan Rautuvaaran rikastushiekka-alueen lähellä on hyvin pieni sillä se ei alun perin laskenut pohjoiseen päin. Niinpä alue on laajalti matalaa, ja ensimmäisellä maastokäynnillä kesäkuussa 2012 alue oli hyvin vetistä.

Lumensulamisvesiä mahdollisesti pidättyy ja varastoituu alueelle alkukesästä, ja vettä vapautuu myöhemmin kesällä. Tämä pienentäisi kevätvaluntaa, mutta suurentaisi valuntaa myöhemmin vuoden aikana. Tämän hypoteesin testaamiseksi aineisto on liian suppea (esim. alkukesän virtaamatietoja ei ole), mutta tilanne voidaan arvioida vuonna 2013, kun täyden vuodenvuorokauden virtaama-aineisto on käytettävissä. Kun lisäaineisto on saatu, täytyy Kylmäojan keskivirtaamat arvioida uudelleen.

Kuten jaksossa 3.3.4 on kuvattu, tulee havaintoaineistoa tarkastelussa olla varovainen, sillä purkaukikäyrä perustuu vähäiseen määrään mittauksia, mistä aiheutuu suurta epävarmuutta siihen perustuvissa virtaama-arvioissa. Alueellinen aineisto on ristiriitainen sen suhteen, oliko vuosi 2012 sateinen vai kuiva vuosi (jakso 2.1.1). Kuukausivirtaamien toistuvuusajkojen perusteella Kylmäojan havaintoaineisto viittaisi siihen, että vuosi 2012 vastaisi kerran 50 vuodessa toistuvaa sateista vuotta, mikä tarkoittaisi hyvin märkeä olosuhteita.

Koska virtaamamittausjakso havaintoasemalla RAUSW004 oli lyhyt, vaikutusarvioinnissa käytettiin alueelliseen virtaama-aineistoon perustuvia laskelmia. Lisäksi, koska alueelliset virtaama-arviot antavat pienempiä virtaamia kuin havaitut virtaamat olivat, pienempien virtaamien käyttöä pidetään konservatiivisempänä, sillä tällöin vedenlaatulaskelmissa otetaan huomioon vähemmän luontaista laimenemistä.

Vedenlaatu

Keskeisten ja muiden muuttujien mediaani- ja maksimipitoisuudet Kylmäjoen kahdella vedenlaadun havaintopaikalla (FS17 and FS03) on esitetty taulukossa 6-35 ja taulukossa 6-36. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty

kuvassa 6-13.

Kuten edellisessä jaksossa on kuvattu, Kylmäojan latvavedet virtasivat alun perin Niesajokeen, ja ne käännettiin Kylmäojaan nykyisen Rautuvaaran rikastushiekka-alueen rakentamisen yhteydessä. Olemassa olevalta rikastushiekka-alueelta ei valu pintavesiä Kylmäojaan, mutta alueelta voi kuitenkin suotautua vesiä puroon.

Havaintopaikka FS17 sijaitsee puron latvaosissa, olemassa olevan Rautuvaaran rikastushiekka-alueen yläpuolella, kun taas FS03 sijaitsee puron suulla lähellä Äkäsjokeen yhtymispaikkaa. Äkäsjoen havaintopaikka FS09 sijaitsee aivan Kylmäojen yhtymiskohdasta ylävirtaan, ja tämän paikan aineisto on esitetty taulukossa 3-8.

Perustilan mediaani- ja maksimipitoisuudet on esitetty taulukossa 6-35 ja taulukossa 6-36. Vedenlaadun tavoitearvot WQO laadittiin vain havaintopaikalle FS03 ja perustila-aineistoa verrataan kynnysarvoihin TV ja hälytysrajoihin AV perustilan vedenlaatutaulukoissa.

Tulosten perusteella monien muuttujien mediaanipitoisuudet havaintopaikalla FS03 ovat suurempia kuin havaintopaikalla FS17 tai FS09, mikä voi viitata Rautuvaaran rikastushiekka-alueen suotovesien vaikutukseen. Nitraatin mediaanipitoisuudet paikalla FS03 ovat viisi kertaa suurempia kuin mediaanipitoisuudet havaintopaikalla S17; sulfaattipitoisuudet ovat kaksinkertaiset; koboltti- ja mangaani kominkertaiset, ja nikkeli kaksinkertaiset. Elohopea- ja kadmiumpitoisuudet havaintopaikalla FS03 ovat myös merkittävästi suurempia kuin pitoisuudet havaintopaikalla FS17, vaikkakin näiden muuttujien analyyseihin vaikuttaa vesinäytteiden määritysrajat. Geokemiallisen mallinnuksen (ks. kappale 5.1.3), perusteella eri muuttujien pitoisuusarvojen kohoaminen on tyypillisiä vanhojen rikastushiekka-alueiden valunnalle. Lisäksi olemassa olevan rikastushiekka-alueen Pohjoisaltaan havaittujen sulfaatti-, koboltti- ja mangaanipitoisuuksien on arvioitu ylittävän hälytysrajat (Taulukko 6-27). Myös kupari ylittää hälytysrajan Pohjoisaltaassa, ja sen maksimipitoisuudet havaintopaikalla FS03 ovat myös merkittävästi kohonneita, vaikkakin mediaanipitoisuudet ovat vain 40 % havaintopaikan FS17 mediaanipitoisuuksista.

Northlandin henkilökunta (A. Haaparanta) teki sähkönjohtavuuden mittauksia Kylmäojassa lokakuussa 2012. Johtokyky peilaa liuenneita kiintoaineita TDS, joiden pitoisuuden odotetaan olevan koholla nykyisessä rikastushiekka-alueella (kuten liuenneiden kiintoaineiden pääkomponentin sulfaattien korkeat pitoisuudet osoittavat). Mittaukset tehtiin lokakuussa, jolloin pintavalunta on pientä, ja purojen virtaaman odotetaan olevan peräisin pohjavedestä (mukaan lukien nykyisen rikastushiekka-alueen suotovedet), pintavesien laimennuksen ollessa vähäistä.

Yhteenveto sähkönjohtavuusmittauksista on esitetty kuvassa 6-12 ja niiden perusteella korkeimmat sähkönjohtavuusarvot havaittiin läheltä nykyistä rikastushiekka-aluetta. Johtokyky paikalla SRK-06 (korostettu keltaisella Kuva 6-12) oli 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$, verrattuna arvoihin 28.6 ja 12.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ paikoilla SRK13 ja SRK14, jotka kuvaavat yläpuolen valuma-aluetta, johon nykyinen rikastushiekka-alue ei vaikuta. Tämä aineisto näyttää vahvistavan rikastushiekka-alueen vesien suotautumisen Kylmäojaan. On huomioitava, että lokakuussa 2012 tehtyjä johtokymmittauksia on vaikea verrata perustilaselvitysten vedenlaatuaineistoon, sillä arvot ovat riippuvaisia kenttämittauksissa käytetyn johtokykyanturin kalibroinnista.

Kun verrataan Kylmäojan havaintopaikan FS03 vedenlaatutuloksia vedenlaadun

tavoitearvoihin WQO, minkään perustilaa kuvaavista muuttujista ei arvioida ylittävän hälytysrajoja AV. Kaikkien maksimipitoisuuksien arvioidaan ylittävän kynnysarvot TV, mikä on odotettavissa (kynnysarvot on määritetty havaitun aineiston 80 prosenttipisteeksi).

Taulukko 6-35: Vedenlaatu Kylmäoan havaintopaikoilla; keskeiset muuttujat

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS03		FS03		FS17	
		TV	AV	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi
Kiintoaine	mg/l	4,4	25	1,4	20	1,1	17
Ammonium	mg/l	0,017	1	0,0035	0,057	0,0031	0,034
Nitriitti	mg/l	0,004	0,01	0,0010 ^b	0,0050 ^b	0,0020 ^b	0,0050 ^b
Nitraatti	mg/l	0,077	20	0,013	0,14	0,0065	0,058
Kloridi	mg/l	1	150	0,79	1,4	0,65	9,0
Sulfaatti	mg/l	6,8	65	4,4	8,6	2,3	5,1
Rauta	mg/l	0,59	2,6	0,44	2,1	0,53	1,9
Alumiini	mg/l	0,049	0,1	0,022	0,086	0,026	0,060
Arseeni	mg/l	0,0001	0,005	0,000061	0,00013	0,000072	0,011
Kadmium	mg/l	3E-06	0,00008	0,0000025 ^b	0,0000069 ^b	0,0000031 ^b	0,0010 ^b
Koboltti	mg/l	0,00031	0,004	0,00019	0,00076	0,000058	0,0040
Kromi	mg/l	0,00034	0,001	0,00027	0,00039	0,00028	0,0030
Kupari	mg/l	0,00052	0,005	0,00042	0,0008	0,00034	0,010
Elohopea	mg/l	1,4E-06	0,00005	0,000001 ^b	0,0000039 ^b	0,0000020	0,000098
Mangaani	mg/l	0,032	0,7	0,024	0,15	0,0089	0,031
Molybdeeni	mg/l	0,00024	1	0,00019	0,00028	0,00019	0,00076
Nikkeli	mg/l	0,00069	0,02	0,00048	0,0031	0,00021	0,0092
Lyijy	mg/l	5,7E-05	0,0072	0,000039	0,00013	0,000052	0,0040
Sinkki	mg/l	9,1E-05	0,015	0,000065	0,00013	0,000071	0,000078
Uraani	mg/l	0,0016	0,03	0,00034	0,0027	0,00072	0,040

a Kynnysarvot TV ja hälytysrajat AV Äkäsjoelle

Huom; Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

.b Vähintään 50 % muuttujan aineistosta on alle määritysrajan

Taulukko 6-36: Vedenlaatu Kylmäojan havaintopaikoilla; muut muuttujat

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS03		FS03		FS17	
		^a TV	^a AV	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi
pH			<6 tai >9	6,7	7,0	6,7	7,0
Sähkönjohtavuus	mS/m	5,6	10	4,2	6,7	3,0	5,2
Fosfaatti	mg/l	0,01	0,026	0,008	0,021	0,0065	0,019
TOC	mg/l	8,1	16	4,7	10	5,8	9,0
Kalsium	mg/l	5,8	17	4,4	13	2,9	5,4
Kalium	mg/l	0,88	2,1	0,64	1,6	0,40	0,73
Magnesium	mg/l	1,5	4,3	1,2	3,3	0,75	1,3
Natrium	mg/l	2,3	8,1	2	6,8	1,7	2,3
Rikki	mg/l	2,7	4,8	1,7	3,1	0,84	1,8
Pii	mg/l	6,6	12	5	8,1	4,2	8,6
Barium	mg/l	0,014	0,022	0,012	0,016	0,0081	0,011
Strontium	mg/l	0,02	0,035	0,017	0,023	0,014	0,019
Antimoni	mg/l	1,4E-05	2,4E-05	0,000011	0,000015	0,000016	0,0050

a Kynnysarvot TV ja hälytysrajat AV Äkäsjoen

Huom; Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

6.3.6 Muonionjoki

Valuma-alue ja pääuomat

Muonionjoki saa alkunsa Lapista, Enontekiön tunturialueelta, josta se virtaa etelään Suomen ja Ruotsin rajaa pitkin kohti Kolaria. Joki yhtyy Tornionjokeen noin 20 km Kolarin eteläpuolella ja jatkuu Tornionjokena rajaa pitkin kohti Pohjanlahtea.

Äkäsjoki ja Niesajoki yhtyvät Muonionjokeen noin 15 km kaivosalueelta länteen. Niesajoen yhtymäkohdassa Muonionjoen valuma-alueen pinta-ala on noin 14.500 km², Valokuva 6-6.



Valokuva 6-6: Muonionjoki lähellä Kolaria (SRK 10/05/2011)

Pintavesien virtaamat

Muonionjoessa sijaitsee Kallion mittausasema, josta on pitkä aikasarja. (ks. jakso 2.2.1). Muonionjoen keskeisten hydrologisten muuttujien saamiseksi läheltä hankealuetta analysoitiin tämän aseman mittausaineistoa (ks. liite C).

Kallion mittausaseman havaintoaineiston perusteella Muonionjoen vuoden keskivalunta on 360 mm. Arvioidut Muonionjoen kuukausittaiset keskivirtaamat on esitetty taulukossa 6-37 ja kuukausittaisten virtaamien toistuvuusajat taulukossa 6-38.

Muonionjoen alivirtaama-arviot on esitetty taulukossa 6-39.

Taulukko 6-37: Muonionjoen kuukausittaiset keskivirtaamat ja -valunnat

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
Keskiarvo (mm)	7,8	6,9	6,5	9,9	86,4	89,3	41,9	31,9	31,3	25,7	14,2	9,6
Keskivirtaama (m ³ /s)	42,1	37,5	34,9	53,6	467	483	226	172	169	139	77	52

Taulukko 6-38: Ennuste kuukausittaisien keskivirtaamien toistumisajalle Muonionjoen Kallion mittausasemalla

Toistumisaika 1h vuotta	Kuukausittainen keskivirtaama (m ³ /s)											
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
0 KUIVA	4,3	4,1	3,8	2,6	33,7	33,4	16,0	9,8	10,1	9,1	5,2	4,6
1/50 KUIVA	4,6	4,4	4,1	3,0	37,3	37,1	17,8	11,1	11,4	10,2	5,8	5,0
1/10 KUIVA	5,6	5,1	4,8	4,4	50,0	50,2	23,9	15,9	16,1	14,0	7,8	6,2
Keskimääräinen vuosi	7,6	6,8	6,3	8,5	80,9	83,0	38,9	28,6	28,3	23,7	13,0	9,2
1 / 10 SATEINEN	10,3	9,0	8,3	16,3	131,2	137,1	63,5	51,4	49,8	40,1	21,7	13,5
1 / 50 SATEINEN	12,3	10,6	9,8	24,2	175,4	185,5	85,3	73,3	70,1	55,0	29,5	17,0
1 / 100 SATEINEN	13,2	11,2	10,4	27,8	194,4	206,4	94,6	83,1	79,1	61,6	32,9	18,4

Taulukko 6-39: Muonionjoen 7 vrk alivirtaama- ja Q₁₀ -arviot

	Muonionjoki
Vuoden 7 vrk keskialivirtaama (m ³ /s)	32,6
7 vrk keskialivirtaama heinä-syyskuu (m ³ /s)	45,9
Vuoden 7 vrk Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	24,3
7 vrk heinä-elokuun Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	30,6

Vedenlaatu

Muonionjoen perustilaseurannan kahden vedenlaadun havaintopaikan (FS23 ja FS24) mediaani ja maksimipitoisuudet on esitetty taulukossa 6-40 ja taulukossa 6-41. Havaintopaikan FS23 tuloksia verrattiin Muonionjoen tälle paikalle asetettuihin vedenlaadun tavoitearvoihin WQO. Vedenlaadun havaintopaikka FS23 sijaitsee Niesajoen yhtymäkohdasta ylävirtaan, kun taas havaintopaikka FS24 sijaitsee siitä alavirtaan.

Perustila-aineistossa ei minkään muuttujan arvioitu ylittävän hälytysrajoja AV. Kaikkien maksimipitoisuuksien puolestaan arvioitiin ylittävän kynnysarvot TV, mikä oli odotettavissa (kynnysarvot on määritetty havaittujen pitoisuuksien 80 prosenttipisteeksi).

Muonionjoen mediaanipitoisuuksissa Niesajoen kuormituksen, eli nykyisen rikastushiekka-alueen kuormituksen aiheuttama vaikutus ei näy selvänä nousevana suuntauksena havaintopaikan FS23 ja FS24 välillä. Tämä heijastaa todennäköisesti Muonionjoen suuruutta Niesajokeen verrattuna Muonionjoen valuma-alueen ollessa noin 14,500 km² ja Niesajoen 70 km².

Kaiken kaikkiaan Muonionjoen vedenlaatu on erittäin hyvä, mikä on odotettavissakin suurelta pääosin koskemattomien erämaiden läpi virtavalta joelta.

Taulukko 6-40: Muonionjoen havaintopaikkojen vedenlaatu, keskeiset muuttujat

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS23		FS23		FS24	
		^a TV	^a AV	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi
Kiintoaine	mg/l	3,9	25	1,6	10	1,8	12
Ammonium	mg/l	0,0093	1	0,0036	0,046	0,0075	0,025
Nitriitti	mg/l	0,0019	0,01	0,001 ^b	0,005 ^b	0,0050 ^b	0,0050 ^b
Nitraatti	mg/l	0,07	20	0,0051	0,085	0,032	0,24
Kloridi	mg/l	0,91	150	0,79	2,3	0,80	1,5
Sulfaatti	mg/l	3,8	65	2,6	4,6	2,6	7,9
Rauta	mg/l	0,55	1,9	0,40	1,6	0,47	1,7
Alumiini	mg/l	0,057	0,1	0,021	0,083	0,023	0,083
Arseeni	mg/l	0,000073	0,005	0,000058 ^b	0,000090 ^b	0,000061 ^b	0,00013 ^b
Kadmium	mg/l	0,0000066	0,00008	0,0000025 ^b	0,000020 ^b	0,0000063 ^b	0,0000066 ^b
Koboltti	mg/l	0,000097	0,004	0,000031	0,00024	0,000054 ^b	0,00027 ^b
Kromi III	mg/l	0,00033	0,001	0,00024	0,00055	0,00021	0,00039
Kupari	mg/l	0,00046	0,005	0,00037	0,00082	0,00033	0,00080
Elohopea	mg/l	0,0000039	0,00005	0,0000012 ^b	0,000098 ^b	0,000016	0,00029
Mangaani	mg/l	0,018	0,7	0,0067	0,045	0,0088 ^b	0,080 ^b
Molybdeeni	mg/l	0,00025	1	0,00024	0,00033	0,00023	0,00031
Nikkeli	mg/l	0,00032	0,02	0,00025	0,00072	0,00022	0,0014
Lyijy	mg/l	0,00006	0,0072	0,000040	0,00031	0,000030	0,00011
Uraani	mg/l	0,00009	0,015	0,000085	0,000093	0,000079	0,000091
Sinkki	mg/l	0,0017	0,03	0,00096	0,0022	0,00094	0,0068

a Kynnysarvot TV ja hälytysrajat AV Muonionjoelle

Huom; Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV..

b Vähintään 50 % muuttujan arvoista on alle määrittämissä

Taulukko 6-41: Muonionjoen havaintopaikkojen vedenlaatu; muut muuttujat

Muuttuja	Yksikkö	WQO		FS23		FS24	
		^a TV	^a AV	Mediaani	Maksimi	Mediaani	Maksimi
pH			<6 tai >9	6,9	7,5	6,9	7,3
Sähkönjohtavuus	mS/m	4,6	8,4	3,2	5,9	3,1	10
Fosfaatti	mg/l	0,0051	0,017	0,0030	0,012	0,0040	0,013
TOC	mg/l	6,9	13	5,1	9,0	4,8	8,7
Kalsium	mg/l	4,7	8,9	3,5	6,3	3,4	6,7
Kalium	mg/l	0,81	1,9	0,63	1,6	0,62	1,0
Magnesium	mg/l	1,3	2,4	0,90	1,7	0,96	1,9
Natrium	mg/l	1,9	3,4	1,4	2,5	1,3	2,6
Rikki	mg/l	1,6	2,7	1,1	1,8	0,85	1,7
Pii	mg/l	5,4	10	3,2	7,3	2,9	7,1
Barium	mg/l	0,0096	0,015	0,0069	0,011	0,0066	0,012
Strontium	mg/l	0,022	0,043	0,016	0,029	0,016	0,033
Antimoni	mg/l	0,000012	0,00015	0,000005 ^b	0,00015 ^b	0,000011 ^b	0,000011 ^b

a Kynnysarvot TV ja hälytysrajat AV Muonionjoelle

Huom; Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

b Vähintään 50 % muuttujan arvoista on alle määrittäjäarvon

6.3.7 Muut purot ja ojat

Valuma-alueet ja päävirtausreitit

Kaivosalueen rakentaminen muuttaa huomattavasti joitakin pieniä puroja, jotka sijaitsevat kaivosalueella. Esimerkiksi osia Kivivuopionojasta häviää avolouhosten myötä, peittyy sivukiven läjitysalueiden alle tai siirretään kaivoksen infrastruktuurin tieltä. Näihin puroihin kohdistuvia vaikutuksia ei käsitellä tässä raportissa, koska on selvää, että kaivoksen rakentaminen muuttaa tai vähentää virtaamia näissä puroissa. Kaivosalueella on myös vanhoja louhosjärviä (Laurinoja ja Kuervaara), jotka tyhjennetään ennen louhinnan aloittamista.

Taulukkoon 6-42 on koottu toukokuussa 2011 kerätty virtaama-aineisto (SRK). Sijainnit on esitetty Kuvassa 5-3 ja esimerkkikohde näkyy Valokuvassa 6-7.



Kuva 6-7: Kivivuopionoja (SRK 09/05/2011)

Taulukko 6-42: Purojen ja ojien perustilan virtaamia (mitannut SRK toukokuussa 2011)

Havaintopaikka	Pvm	Joki/puro	Leveysaste	Pituuaste	Q (m ³ /s)
SW003	11.5.2011	Lamunjänkä	2496506	7496255	0,089
SW005	9.5.2011	Kivivuopionoja	2496370	7495266	0,082
SW010	10.5.2011	Laurinoja	2498923	7495597	0,144
SW026	9.5.2011	Laulukarhakanoja	2499097	7501142	0,177
SW028	9.5.2011	Paikallinen puro	2499014	7501168	0,009
SW029	9.5.2011	Laulukarhakanoja	2496704	7501625	0,104
SW030	9.5.2011	Laulukarhakanoja	2497629	7501384	0,101

6.3.8 Kosteikot ja lähteet

Saivojärvi ja suoalueet

Saivojärven virkistysmetsä sijaitsee Valkeajoen ja Äkäsjoen välittömässä läheisyydessä, niiden yhtymäkohdasta alavirtaan (Kuva 6-14). Alueeseen ei vaikuta kaivosalueen rakentaminen suoraan, sillä kaivosalue sijaitsee Valkeajoen vastakkaisella puolella siihen nähden. Valkeajoen, Äkäsjoen ja Saivojärven välillä on kuitenkin todennäköisesti hydrologisia yhteyksiä. Koska jokien ja Saivojärven välisistä hydrologisista yhteyksistä ei ole tietoa, hankkeen vaikutuksia arvioidaan läheisten purojen vedenkorkeuksien muutoksien arvioimisen perusteella, olettaen että joen vedenkorkeudet vaikuttavat alueen vedenpinnantasoihin.

Karttatarkastelun perusteella suoalueet peittävät noin 16 % alueesta joka sijaitsee Valkeajoen, Kuerjoen, Äkäsjoen ja kaivosalueen pohjoisreunan rajaamalla alueella, noin 24 % Niesajoen valuma-alueesta ja noin 43 % Kylmäojan valuma-alueesta.

Lähteet

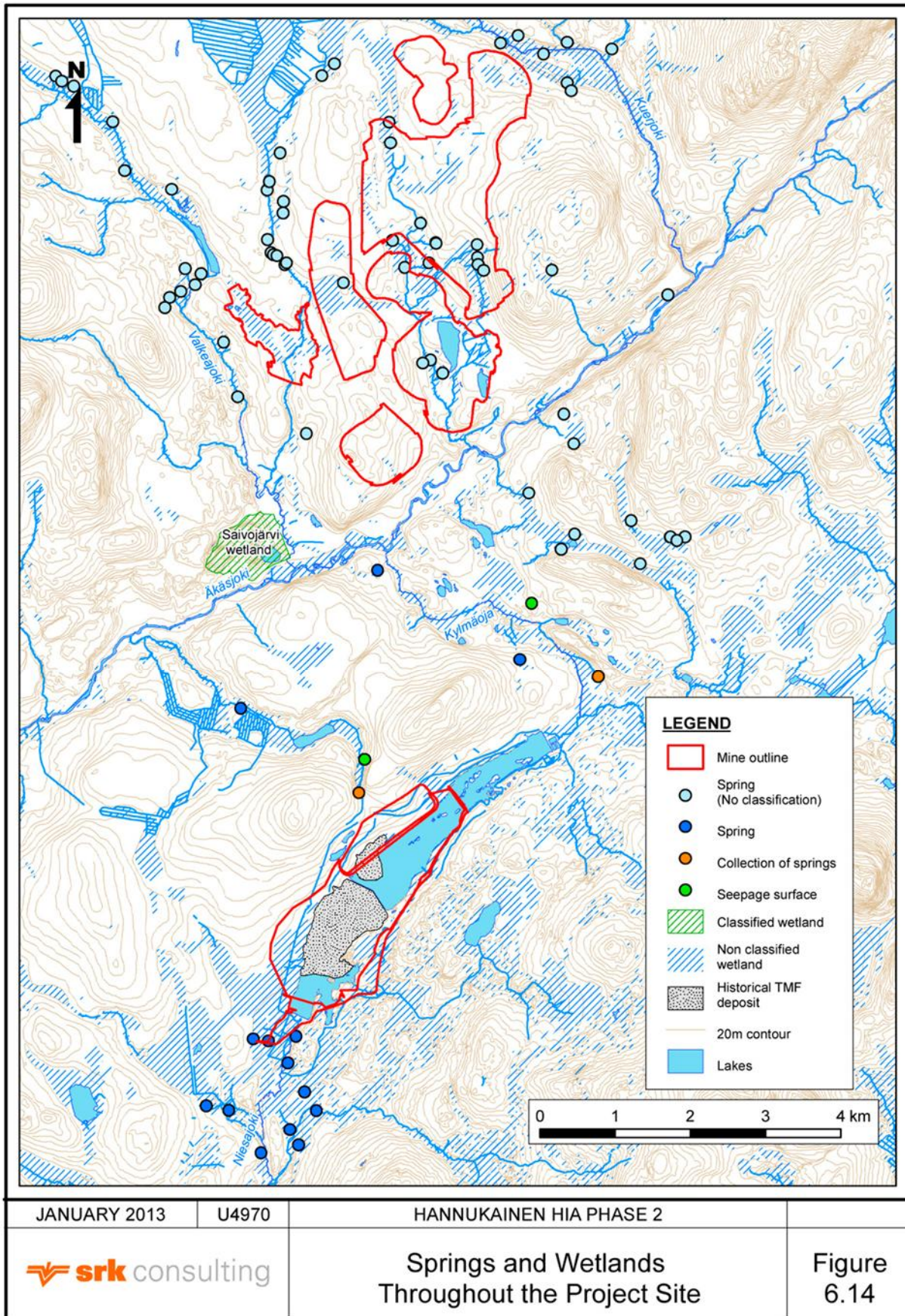
Pintavesien kartoituksessa hankealueelta tunnistettiin 96 lähdettä; 63 Hannukaisen alueelta Äkäsjoen pohjoispuolelta, 12 Niesajoen valuma-alueelta ja 11 Kylmäojan valuma-alueelta (LVT, 2008). Selvityksessä eroteltiin kohteet seuraavasti:

- Lähde – Yksittäinen pohjaveden purkautumispaikka;
- Lähteikkö – Useiden toisiaan lähellä olevien pohjaveden purkautumispaikkojen esiintymä;
- Tihkupinta – Usein puuton, ohuen turvekerroksen peittämä maa-alue, josta pohjavesi tihkuu laajan alueen läpi; ja
- Luokittelematon – Kohdetta ei ole luokiteltu.

Suurin osa Rautuvaaran alueen esiintymistä on lähteitä, lisäksi on tunnistettu kaksi lähteikköä ja yksi tihkupinta. Hannukaisen alueen esiintymiä ei ole tunnistettu. Tarkempia tietoja kuten virtaama- tai vedenlaatutietoja ei ollut saatavilla.

Kuvassa 6-14 näkyy Saivojärven virkistysmetsäalueen suojelualue, sekä, suoalueiden ja lähteiden sijainti alueella.

Kuva 6-14: Hankealueen lähteet ja suoalueet



6.3.9 Nykyiset louhosjärvet

Hannukaisen entinen kaivosalue

Vanhan kaivostoiminnan jäljiltä on jäänyt kaksi louhosjärveä (ks. Kuva 1-2); Laurinojan, pohjoispuolen, suuremman louhosjärven kokonaissyvyys on 80 m, kun taas Kuervaaran eteläisemmän, pienemmän louhosjärven kokonaissyvyys on 27 m. Molemmista järvistä on vuosina 2005–2008 suunnilleen vuosittain, ja seuraavaksi vuonna 2011 otettu syvyyksittäiset näytteet. Näytteet osoittavat vertikaalista kerrostuneisuutta siten että vuodenaikainen termisesti aktiivinen kerros ulottuu Laurinojassa 40 m syvyyteen ja Kuervaarassa koko järven syvyyteen. Huolimatta termisesti aktiivisesta kerroksesta voivat molemmat järvet olla potentiaalisesti pysyvästi kerrostuneita (meromiktisiä), eikä niissä silloin tapahtuisi täyskiertoa. Tätä todistaa selvä kemokliini, jota osoittavat sähkönjohtokyvyn suureneminen ja ionien määrän kasvu syvemmälle mentäessä.

Molemmissa louhosjärvissä on hapen puutetta tietyn syvyyden alapuolella (30 m Laurinojalla ja 15 m Kuervaarassa). Kuervaaran louhosjärven ylin 15 m on melko hapen (pH 3,5) mutta syvempää järven vesi on happamuudeltaan neutraali. Tätä ilmiötä ei havaita Laurinojalla, jossa neutraalit happamuusolosuhteet vallitsevat koko vesipatsaassa.

Kuervaarassa syvyyden mukaan nouseva pH liittyy liukoisen hapen puutteeseen ja kohonneeseen liukoisen raudan pitoisuuteen. Rautapitoisuuden kasvu syvyyden mukaan johtuu todennäköisesti Kuervaaran järvessä rauta redox –kierrosta, jossa päällysveden hapekkaassa vedessä saostuvat rauta (III)-oksidit laskeutuvat anoksiseen vyöhykkeeseen, missä ne läpikäyvät seuraavaksi reduktiivisen liukenemisen, kun rauta(III) pelkistyy rauta (II):ksi. Vaikka louhosjärvistä ei ole mitattu orgaanisen hiilen pitoisuuksia, samantyyppisestä louhosjärvestä saatu aineisto (Uddenin louhosjärvi, Pohjois-Ruotsi; Ramstedt et al. 2003), jossa orgaaninen hiili on analysoitu, tukee tätä teoriaa.

Laurinojan ja Kuervaaran avolouhosjärvien keskeisten vedenlaatumuuttujien mediaani-, maksimi- ja minimipitoisuudet järvien eri syvyyksissä on esitetty taulukossa 6-43. Järvien vedenlaatatietoja on tarkasteltu havaintopaikalle FS09 laadittujen vedenlaadun tavoitearvoihin WQO nähden. Kuervaaran louhosjärvessä sulfaatin, raudan, kuparin, mangaanin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet ovat kohonneita ylittäen tavoitearvot selvästi kaikissa syvyyksissä. Raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat yleensä korkeimmat louhosjärvien syvemmissä osissa koska ne mobilisoituvat pelkistävässä olosuhteissa. Kupari-, koboltti- ja nikkelpitoisuudet olivat yleensä suurimmat happamissa päällysvesissä, kun taas uraanin ja sulfaatin tilanne oli päinvastainen.

Metallipitoisuudet Laurinojan louhosjärvessä olivat yleensä paljon alhaisemmat kuin Kuervaarassa, mutta siitä huolimatta kupari ylitti tavoitearvot sekä päällysvedessä että alusvedessä. Sulfaatti, uraani, sinkki ja koboltti ylittivät tavoitearvot vain alusvedessä.

Taulukko 6-43:Kuervaaran ja Laurinojan louhosjärvien keskeisten vedenlaatuparametrien mediaani ja ääriarvot.

Muuttuja	Yksikkö	Juomavesien ohjearvot STM 401/2001	WQO – FS09		Kuervaara				Laurinoja			
			TV	AV	Päälyysvesi(<15m)				Syväne (>15m)			
					Maksimi	Mediaani	Minimi	Maksimi	Mediaani	Minimi	Maksimi	Mediaani
pH		6,5 - 9,5	-	-	3,5	3,3	3,0	6,5	6,0	5,7	7,5	7,1
Liukoinen happi	mg/L		-	-	12,0	9,8	9,7	0,20	0,10	0,001	11,6	10,4
Johtokyky	mS/m		4,3	6,5	122	110	100	190	155	110	23,0	20,0
Bikarbonaatit	mg/L		-	-	0,6	0,6	0,6	143	77,2	0,6	45,8	35,4
Kokonaistyyppi	mg/L		-	-	0,54	0,515	0,45	3,1	2,3	1,2	0,1504	0,073
Sulfaatti	mg/l		4,4	65	570	533	498	1300	859	550	70,0	56,5
Rauta	mg/l		0,4	0,98	7,9	2,6	1,5	380	302	160,0	0,09	0,04
Koboltti	mg/l		0,000077	0,004	0,11	0,091	0,09	0,051	0,0173	0,007	0,004	0,003
Kupari	mg/l		0,00047	0,005	0,13	0,0873	0,077	0,04	0,01	0,0001	0,019	0,011
Mangaani	mg/l		0,018	0,7	0,692	0,621	0,608	2,503	2,479	2,455	0,0503	0,0334
Nikkeli	mg/l	0,50	0,0003	0,02	0,22	0,153	0,148	0,095	0,032	0,0034	0,022	0,008
Sinkki	mg/l		0,0016	0,03	0,0516	0,0423	0,04	0,04	0,01	0,0023	0,04	0,01
Uraani	mg/l		0,00011	0,015	0,0009	0,0009	0,0008	0,0002	0,0001	0,0	0,0105	0,0084

Huom; Vihreällä varjostetut ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut ylittävät hälytysrajat AV.

Rautuvaaran vanhat louhosjärvet

Vanhan Rautuvaaran kaivoksen rikastushiekka-alueelta luoteeseen sijaitsevalle entiselle malmioalueelle on muodostunut kaksi louhosjärveä. Louhosjärvien sijainti on esitetty Kuvassa 1-3. Lounaisosassa sijaitsevan suuremman louhosjärven suurin syvyys on noin 76 m, ja pienemmän, koillisessa sijaitsevan järven suurin syvyys on noin 45 m (havainto kenttänäytteenotossa).

Molempien louhosjärvien nykyinen vakaan tilanteen vedenpinnan korkeus on noin 197,5 mmpy.

Taulukossa 6-44 ja taulukossa 6-45 esitetään Rautuvaaran louhosjärvien vedenlaatutulokset verrattuna havaintopaikalle FS15 määritettyihin vedenlaadun tavoitearvoihin WQO. Sulfaatti on koholla molemmissa louhosjärvissä hälytysrajaan AV (159 mg/L) nähden ilmoitetun maksimipitoisuuden ollessa 316 mg/L suuressa louhosjärvessä ja 336 mg/L pienessä järvessä. Sulfaattipitoisuuksien samankaltaisuus louhosjärvissä ja kairausreiässä RAU12HYD02 tukee todennäköisyyttä että nämä järvet vaikuttavat havaintopaikkaan RAU12HYD02.

Suuremman louhosjärven sulfaatti-, koboltti-, kupari-, mangaani-, sinkki-, kalsium-, kalium-, magnesium-, natrium-, pii- ja strontiumpitoisuudet ylittävät Niesajoelle asetettujen tavoitearvojen WQO hälytysrajat AV. Pienemmän louhosjärven sulfaatti-, koboltti-, mangaani-, nikkeli-, kalsium-, kalium-, magnesium-, natrium-, rikki-, barium- ja strontiumpitoisuudet ylittävät tavoitearvojen hälytysrajat. Sulfaatin lisäksi muut huomattavat ylitykset ovat:

- Koboltti, maksimipitoisuus 0,015 mg/L, havaittu pienemmässä louhosjärvessä, ylittää vedenlaadun tavoitearvojen WQO hälytysrajan AV 0,004 mg/L;
- Kupari, maksimipitoisuus 0,013 mg/L, havaittu suuremmassa louhosjärvessä, ylittää vedenlaadun tavoitearvojen WQO hälytysrajan AV 0,005 mg/L; ja
- Mangaani, maksimipitoisuus 1,4 mg/L, havaittu pienemmässä louhosjärvessä, ylittää vedenlaadun tavoitearvojen WQO hälytysrajan AV 0,7 mg/L.

Taulukko 6-44: Keskeisten vedenlaatuomuttajien pitoisuudet Rautuvaaran louhosjärvissä verrattuna havaintopaikan FS15 vedenlaadun tavoitearvoihin WQO

Muuttuja	Yksikkö	Louhosjärvet					
		WQO – FS15		FS 46 (suuri louhosjärvi)		FS47 (pieni louhosjärvi)	
		*TV	*AV	Ka	Maksimi	Ka	Maksimi
		N		9	9	7	7
pH	s.u.	<6,7 tai >7,0	<6,0 tai >9,0	6,6	6,7	6,6	6,8
Kiintoaine	mg/L	3	25	1,8	7,0	1,2	3,8
Ammonium	mg/L	0,101	1	0,068	0,13	0,031	0,18
Nitriitti-N	mg/L	0,012	0,05218	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Nitraatti-N	mg/L	0,279	20	0,03	0,03	0,02	0,04
Kloridi	mg/L	3,0	150	2,8	2,9	3,0	3,1
Sulfaatti	mg/L	89	159	290	320	320	340
Rauta	mg/L	0,92	4,07	0,099	0,859	0,38	2,4
Alumiini	mg/L	0,050	0,1	0,006	0,01	0,002	0,002
Arseeni	mg/L	0,0012	0,0050	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Kadmium	mg/L	0,00001	0,00008	0,00003	0,00004	0,00001	0,00002
Koboltti	mg/L	0,002	0,004	0,01	0,01	0,004	0,02
Kromi	mg/L	0,0003	0,001	0,0004	0,0007	<0,0001	<0,0001
Kupari	mg/L	0,0048	0,005	0,007	0,01	0,001	0,002
Mangaani	mg/L	0,294	0,70	1,0	1,2	0,34	1,4
Molybdeeni	mg/L	0,0002	1	0,0006	0,0007	0,0002	0,0004
Nikkeli	mg/L	0,007	0,02	0,024	0,029	0,012	0,022
Lyijy	mg/L	0,0001	0,0072	0,00003	0,00005	0,00002	0,00003
Sinkki	mg/L	0,002	0,03	0,038	0,045	0,012	0,024
Uraani	mg/L	0,0004	0,015	0,0049	0,0049	0,0025	0,0025

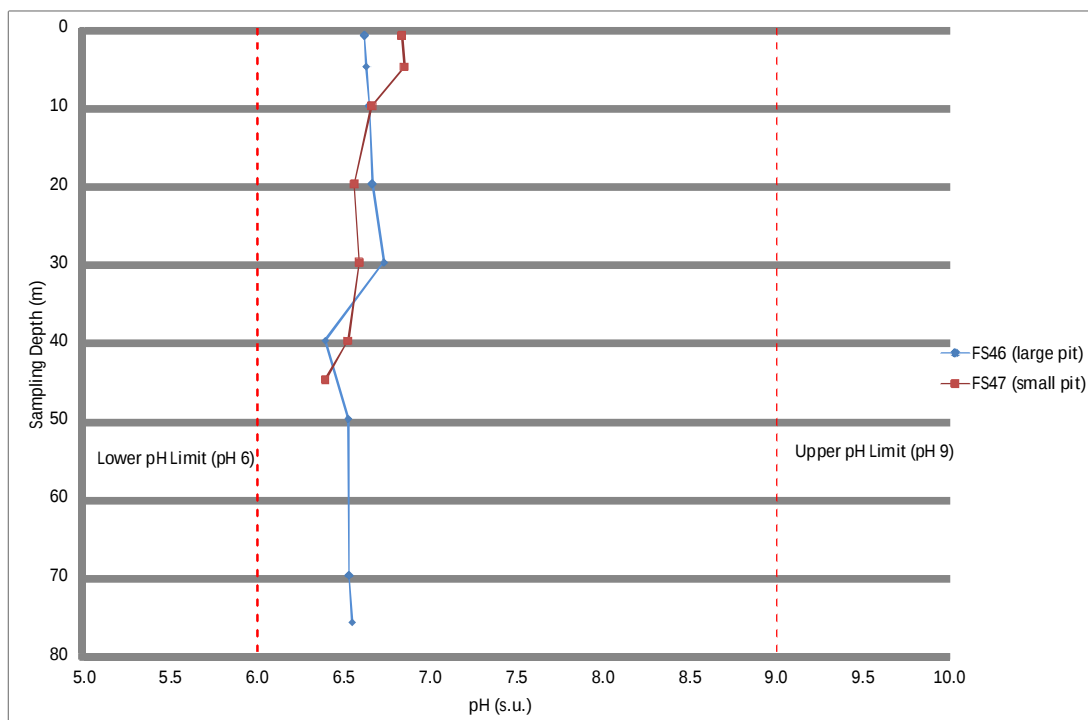
Huom; Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV. Keskiarvona ilmoitetut ovat kaikkien eri syvyyksien näytteiden keskiarvo.

Taulukko 6-45: Muiden vedenlaatuomuttajien pitoisuudet Rautuvaaran louhosjärvissä verrattuna havaintopaikan FS15 vedenlaadun tavoitearvoihin WQO

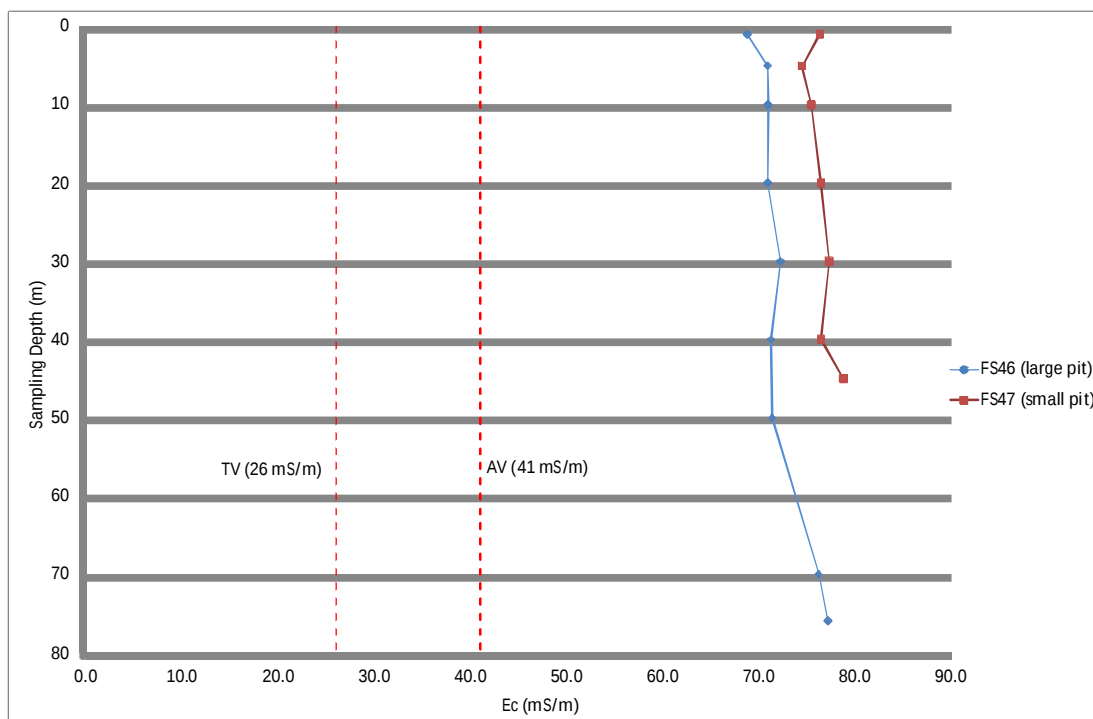
Muuttuja	Yksikkö	Louhosjärvet					
		WQO		FS 46 (suuri louhosjärvi)		FS47 (pieni louhosjärvi)	
		*TV	*AV	Ka	Maksimi	Ka	Maksimi
		Näytteiden lukumäärä		9	9	7	7
Sähkönjohtokyky	mS/m	26	41	72	77	77	79
Kalsium	mg/L	25	46	110	120	110	110
Kalium	mg/L	3,0	4,9	13	15	13	13
Magnesium	mg/L	10	17	20	20	22	23
Natrium	mg/L	5,3	9,1	4,2	4,6	5,6	5,7
Rikki	mg/L	29	53	100	110	120	120
Pii	mg/L	4	11	7,9	8,2	6,0	8,0
Barium	mg/L	0,010	0,014	0,013	0,013	0,036	0,040
Strontium	mg/L	0,070	0,112	0,18	0,19	0,22	0,22

Huom; Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV. Keskiarvona ilmoitetut ovat kaikkien eri syvyyksien näytteiden keskiarvo.

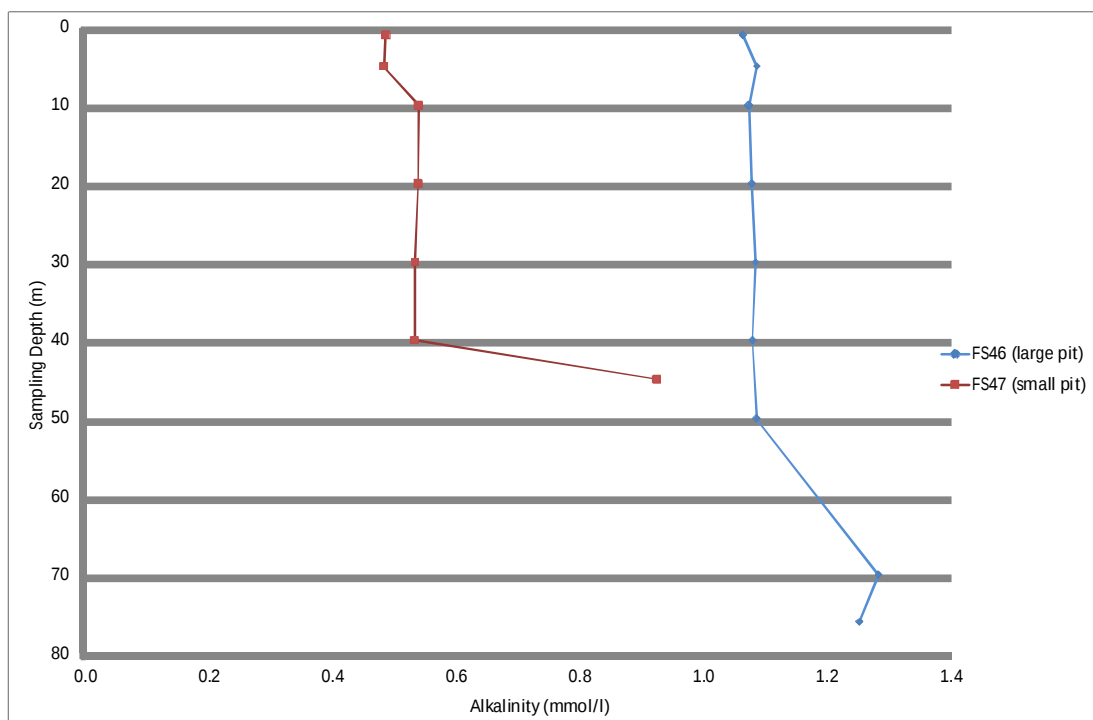
Kuvassa 6-15 - 6-20 esitetään eri muuttujien arvojen vaihtelua syvyyden suhteen Rautuvaaran louhosjärvissä samoin kuin, mikäli relevanttia, vertailut havaintopaikalle FS15 laskettujen vedenlaadun tavoitearvojen WQO kynnysarvoihin TV ja hälytysrajoihin AV.



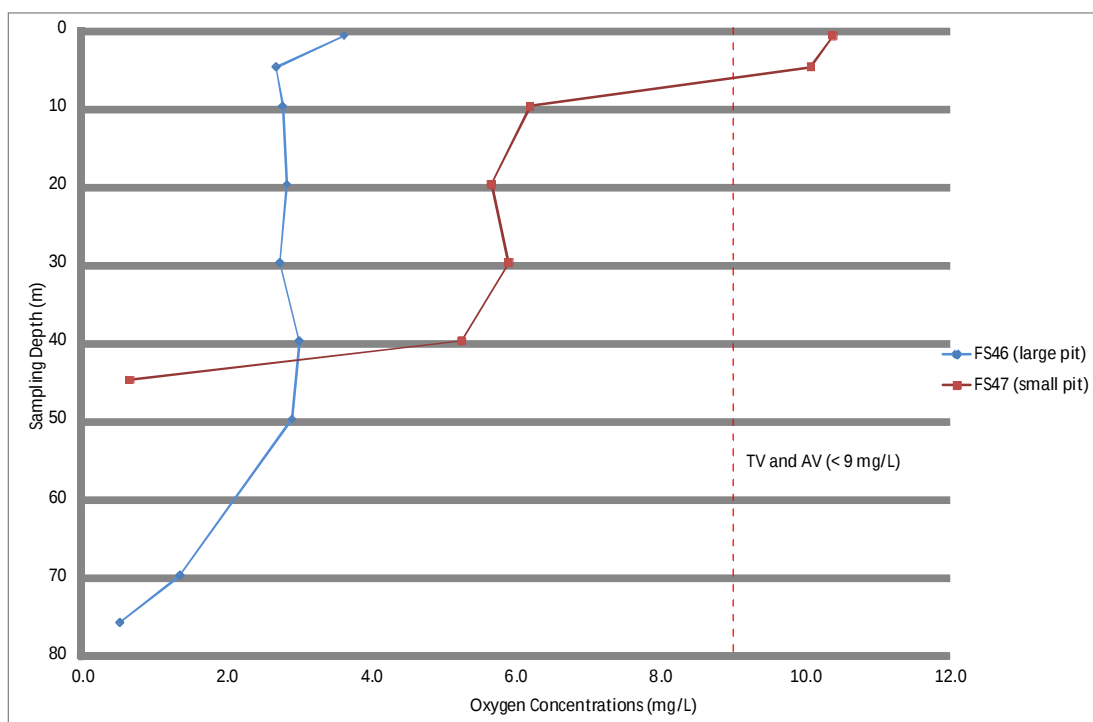
Kuva 6-15: Rautuvaaran louhosjärvien pH syvyyksittäin



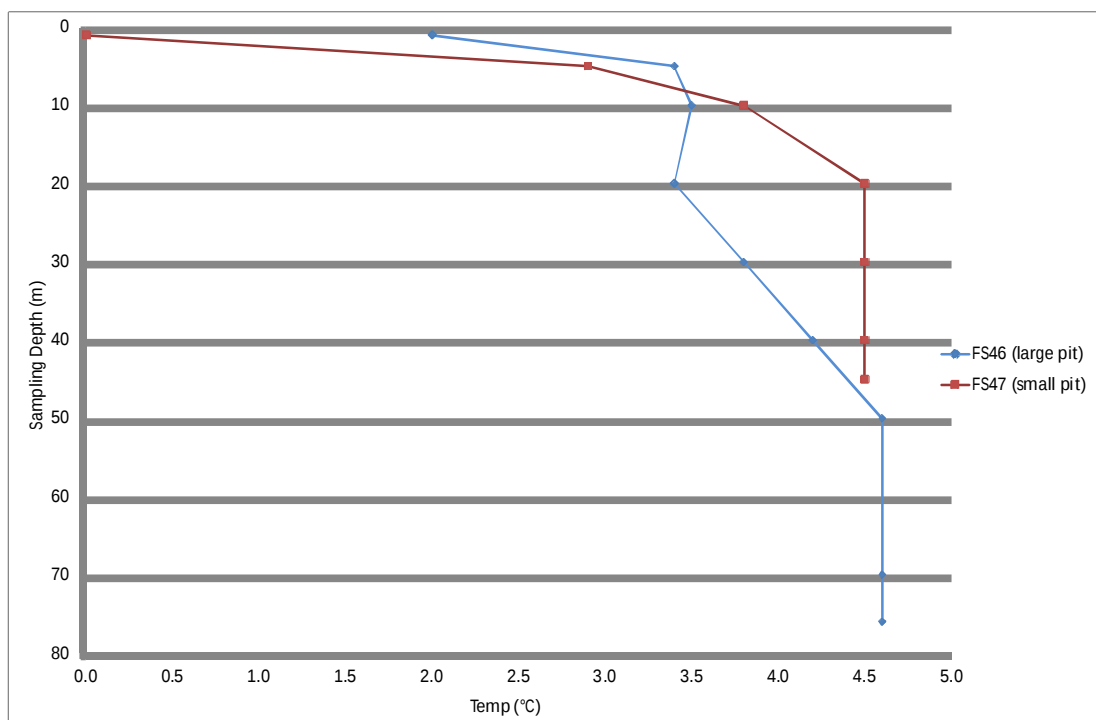
Kuva 6-16: Rautuvaaran louhosjärvien sähköjohtokyky syvyyksittäin



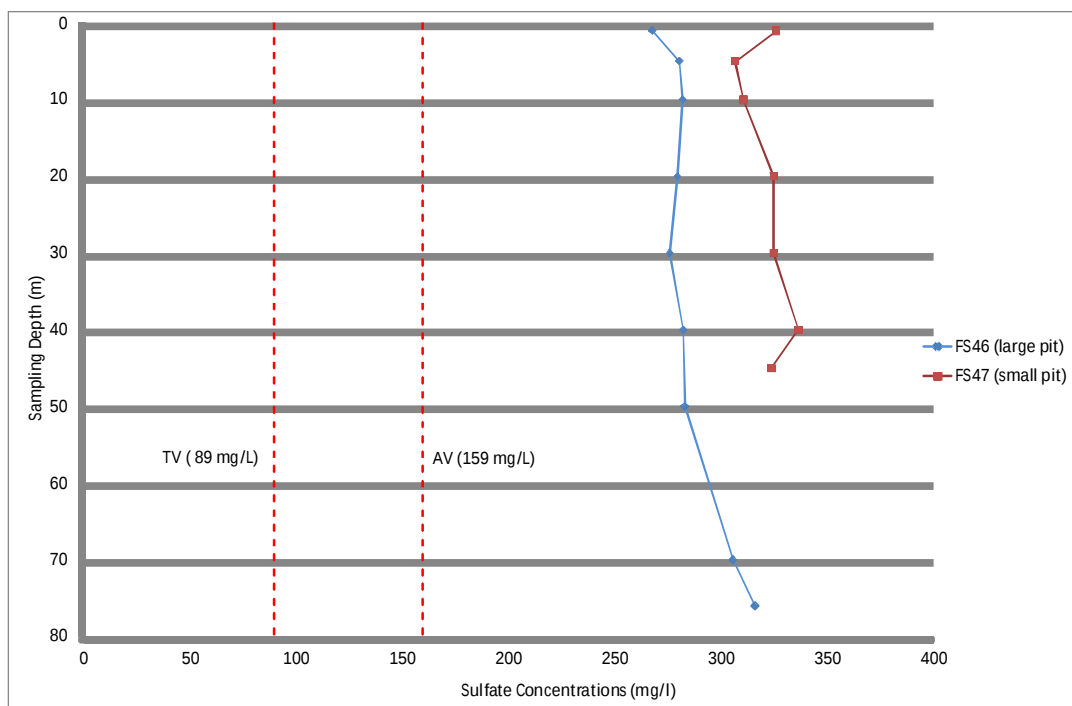
Kuva 6-17: Rautuvaaran louhosjärvien alkaliniteetti syvyyksittäin



Kuva 6-18: Rautuvaaran louhosjärvien liukoisen hapen pitoisuus syvyyksittäin



Kuva 6-19: Rautuvaaran louhosjärvien lämpötilat syvyyksittäin



Kuva 6-20: Rautuvaaran louhosjärvien sulfaattipitoisuudet syvyyksittäin

6.3.10 Pintavesien käyttö

Suunnitellun kaivosalueen ja rikastushiekka-alueen läheisyydessä vesistöjä hyödynnetään vain vähän vesivaroina tai veneilyyn (Northland, 2011a). Perustilatutkimusten perusteella (Northland, 2011a) kuitenkin Äkäsjoki, Kuerjoki, Valkeajoki, Niesajoki ja Muonionjoki ovat uhanalaisen meritaimenen (*Salmo truter*) kutujokia.

Lisäksi monia jokia käytetään virkistystarkoituksiin, mm. kalastus on suosittua Muonionjoella (Pöyry, 2010). Ehdotetun rikastushiekka-alueen ja kaivoksen lähistöllä ei ole kaupunkeja tai kyliä, mutta karttatarkastelun perusteella lukuisia vapaa-ajan asuntoja sijaitsee Äkäsjoen varjoilla. Pöyryn (2010) mukaan hankealueen läheisyydessä on 15 taloutta ja 45 vapaa-ajan asuntoa, lähimpien talojen ollessa karkeasti 100 m ja vapaa-ajan asuntojen 500 m päässä vanhoilta kaivosalueilta.

Kuten aiemmin on kuvattu, Rautuvaaran pohjoisallas toimii Ylläksen jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytysaltaana.

6.4 Pohjavesi

Kaikki Hannukaisen hydrogeologisen ja geoteknisen kairausohjelman (SRK, 2012a) aikana puhkaistut keskeiset geologiset kerrokset olivat jossain määrin veden kyllästämiä, toisin sanoen pohjavettä esiintyy sekä maaperässä että kallioperässä.

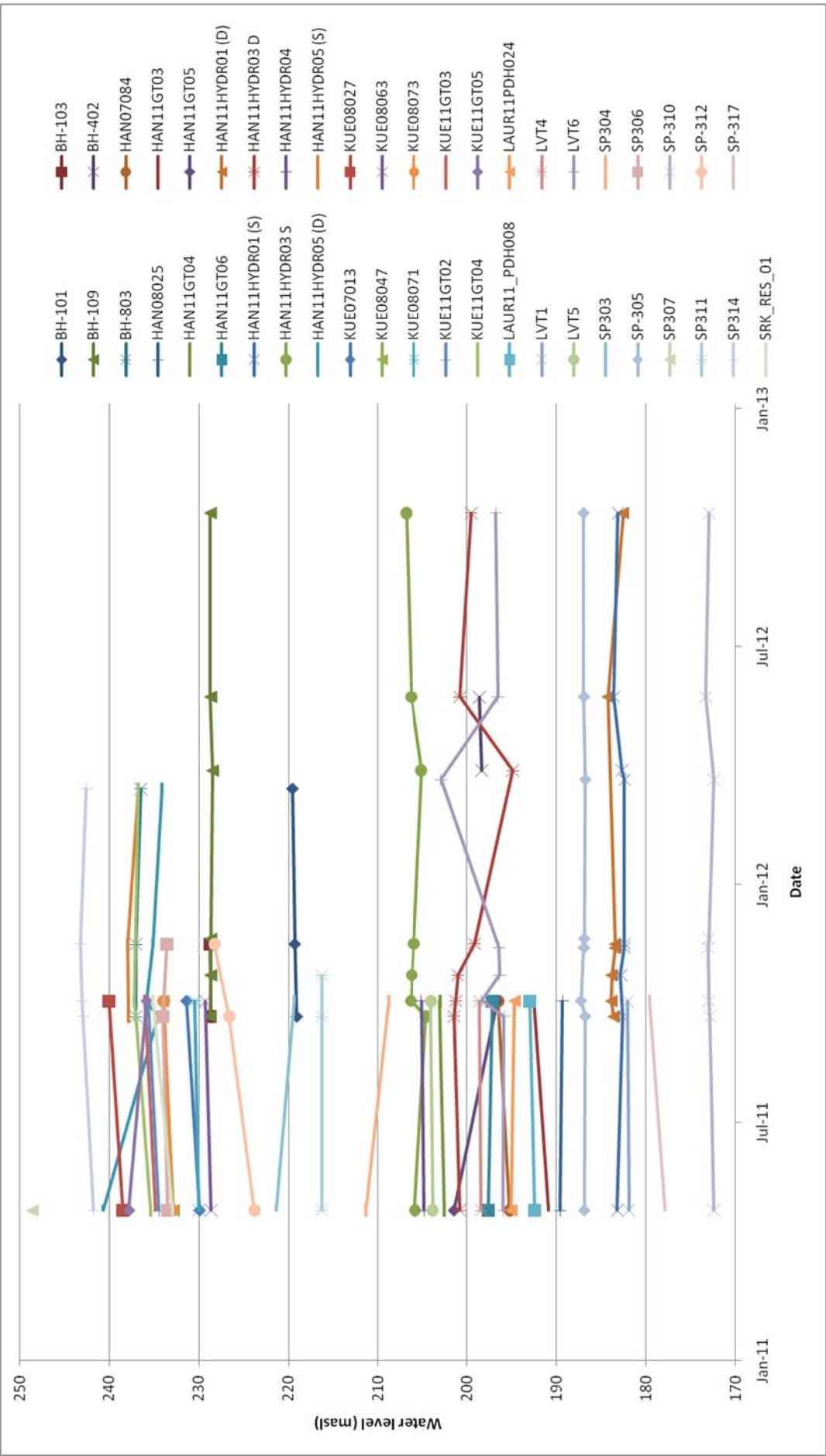
Maaperässä pohjavesi on yleensä vapaana, vaikka satunnaiset arteesiset kaivot osoittavat, että myös paineisia pohjavesiolosuhteita esiintyy paikallisesti. Pohjavesi virtaa kallioperässä avointen, toisiinsa yhteydessä olevien murtumien läpi, ja siksi virtauksia kontrolloi pääasiassa murtumaverkosto (SRK, 2011).

Maaperässä ja rapautuneessa kallioperässä sijaitsevia pohjavesiesiintymät kutsutaan seuraavassa tekstissä mataliksi ja syviksi pohjavesialtaiksi, tässä järjestyksessä.

6.4.1 Hannukainen

Pohjaveden pinta

Northlandin Hannukaisen alueella lokakuusta 2011 lähtien havaitsemat pohjaveden pinnantasot on esitetty kuvassa 6-21. Aineistossa on 27 havaintopaikalta 45:stä vain kaksi havaintoa. Näiden havaintopaikkojen vuodenaikaisvaihtelua ei voi arvioida. Vain kahdeksalla paikalla on yli kuusi havaintoa yhden vuoden havaintojaksolta.



Kuva 6-21: Pohjaveden hydrograafit Hannukaisessa ja Kuervitikossa

Kuvan 6-21 perusteella voi arvioida seuraavaa:

- Pohjavedentasot ovat yleensä alempia keväällä (huhtikuun tarkkailukierros) kuin talvella (loka-joulukuun tarkkailukierrokset). Tämä voi johtua talvikuukausien alentuneesta pohjaveden muodostumisesta, jota seuraa voimakkaampi muodostumisvaihe keväällä ja syksyllä, jolloin varastot täyttyvät;
- Pohjaveden pinta vaihtelee yleensä alle 2 m (42 % kaikista kaivoista, ks. Kuva 6-21 vaihtelu on alle 1 m, ja 33 % vaihtelu on alle 2 m). Yli 3 m pinnanvaihtelu voidaan havaita 6 paikassa (13 % kaikista putkista). Näitä kaivoja sijaitsee sekä kallioperässä että maaperässä; ja
- Hannukaisen alueella, syvyys pohjaveteen vaihtelee välillä -0,02 (arteesinen) - 27 mmpa, ollen keskimäärin 5,3 mmpa.

Saatu aineisto osoittaa että Hannukaisessa syvyys pohjaveteen on tyypillisesti 5-10 mmpa mikä tarkoittaa, että maaperän ylemmät kerrokset eivät pääosin ole kylläisiä. Maaperä koostuu tiivistymättömistä jääkauden aineksista, minkä vuoksi kylläisessä maaperässä virtaus tapahtuu todennäköisesti huokosvirtauksena.

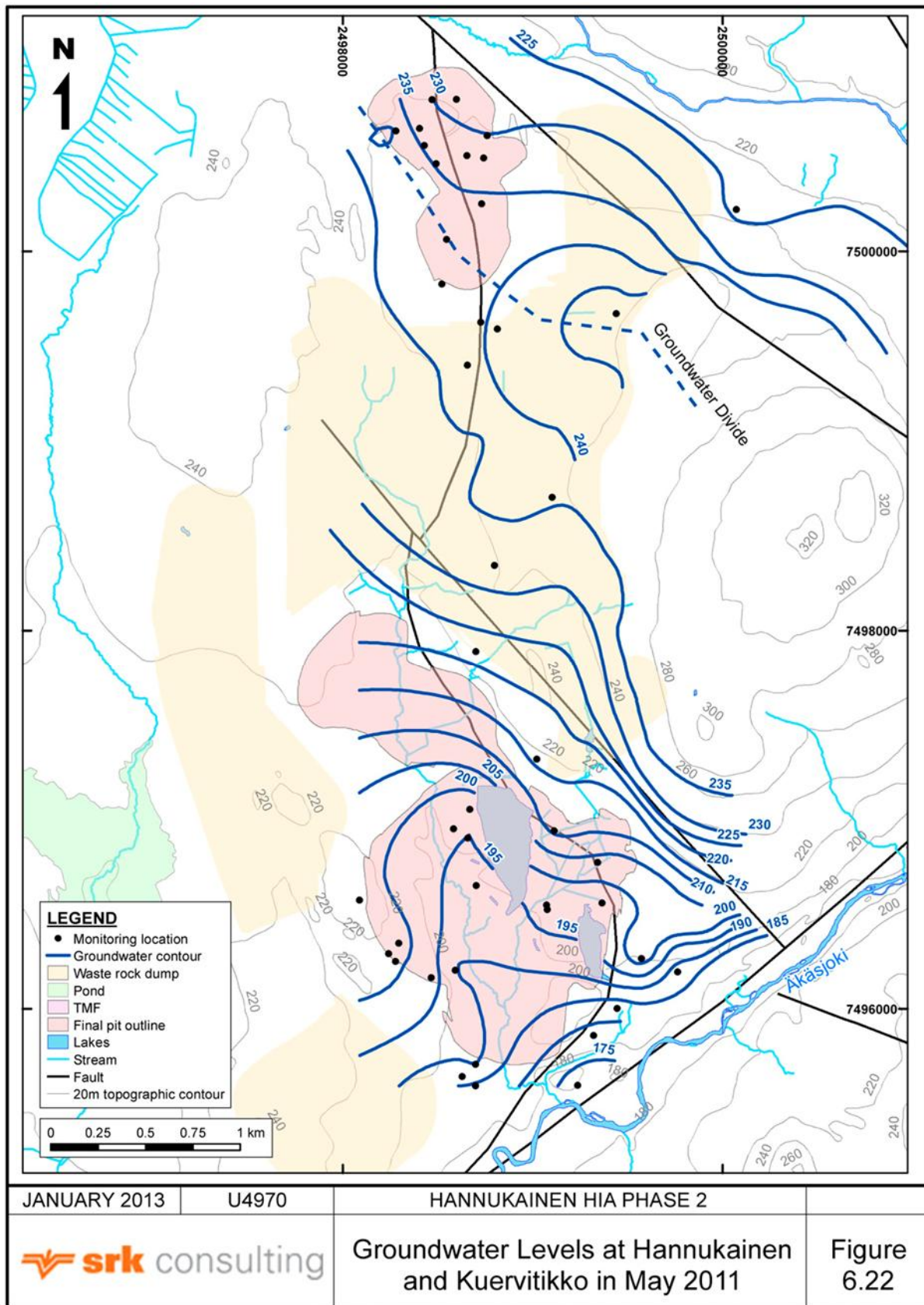
Pohjaveden käyrästökartat

Kuvassa 6-22 esitetään SRK:n toukokuussa 2011 kaivosalueelta mittaamista pohjavesitasoista laaditut interpoloidut käyrästökartat. Pohjavesikäyrästöt osoittavat, että pohjaveden virtaus noudattaa yleensä maastonmuotoja, pääosan valunnasta päätyessä etelään Äkäsjokeen. Kuervitikon alueella on kuitenkin luoteis-kaakkoissuuntainen pohjavedenjakaja, minkä seurauksena osa vesistä virtaa pohjoiseen kohti Kuerjokea.

Helsingin yliopiston on yhdistänyt GPR-aineiston (Moreau and Koivisto, 2012) ja hydrologiset kenttähavainnot (Nurminen ja Korkka-Niemi, 2011) selvittääkseen kvartaaristen maaperäkerrostumien hydrogeologisia taseita. Yliopiston hydraulinen käsitteellinen malli esitetään Kuvassa 6-23, jossa näkyy myös SRK:n havaitsema pohjavedenjakaja.

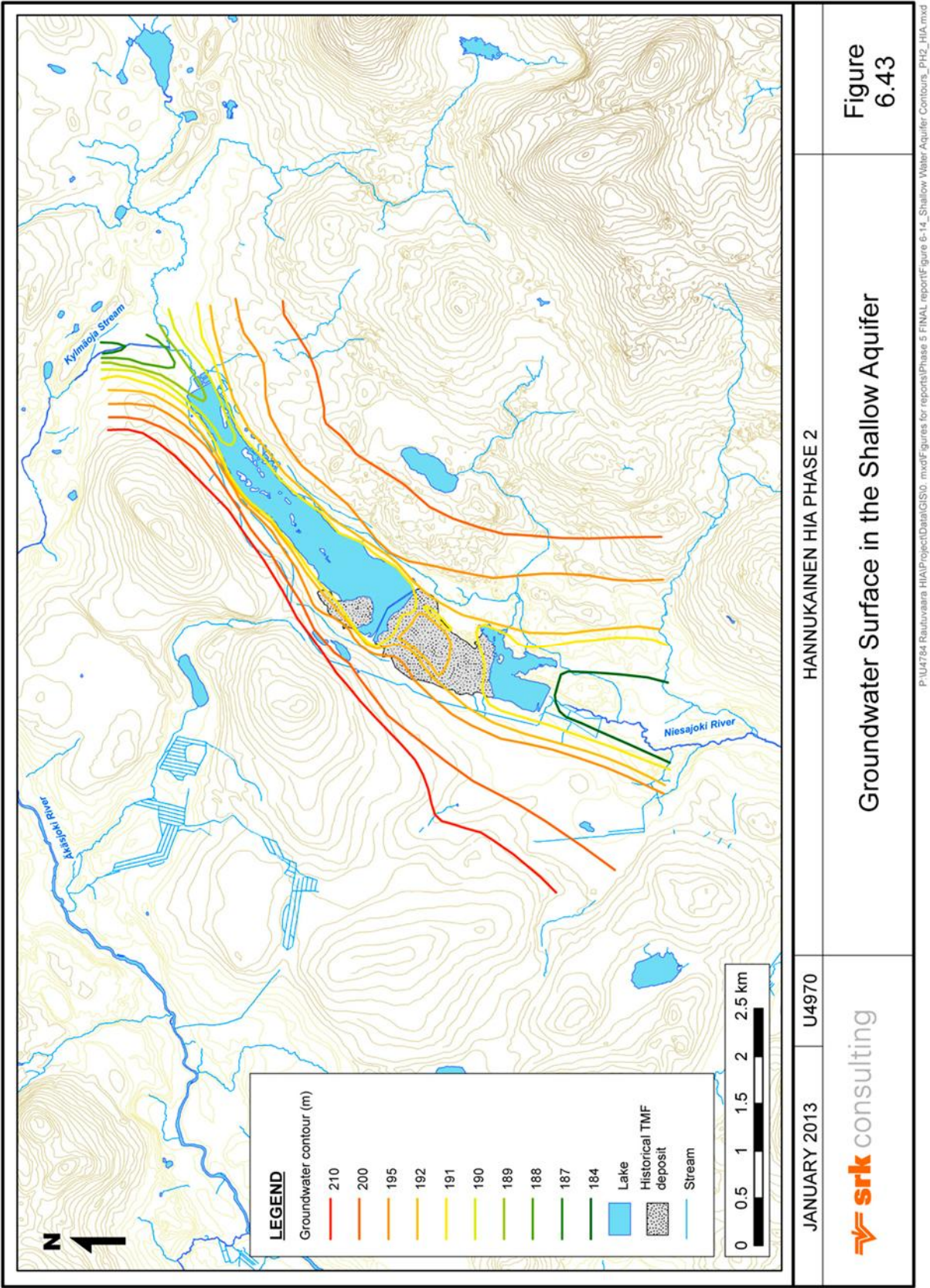
Helsingin yliopiston määrittämä pohjavedenjakaja ja SRK:n interpoloidut käyrästökartat korreloivat hyvin keskenään.

Kuva 6-22: Hannukaisen ja Kuervitikon pohjaveden pinnankorkeudet toukokuussa 2011



P:\U4342 Hannukainen DFS\Project\Data\GIS\Hydro Phase 4 Figures\Groundwater contoursV4_PH2_HIA.mxd

Kuva 6-23: Hannukaisen hydraulinen järjestelmä (Moreau and Keskinen (2012))



Pintavesien ja pohjavesien välinen vuorovaikutus

Yliopisto asensi osana työtään väliaikaisia pietsometrejä Äkäsjoen pohjaan. Pietsometrit eristettiin joen sedimenttiin. Niissä havaittu pinnannousu oli yli joen pohjan pinnan (Taulukko 6-46). Tämä osoittaa että pohjavettä virtaa joen sedimenteistä jokeen, toisin sanoen Äkäsjoen perusvirtaamasta osa on pohjavettä (ns. gaining river).

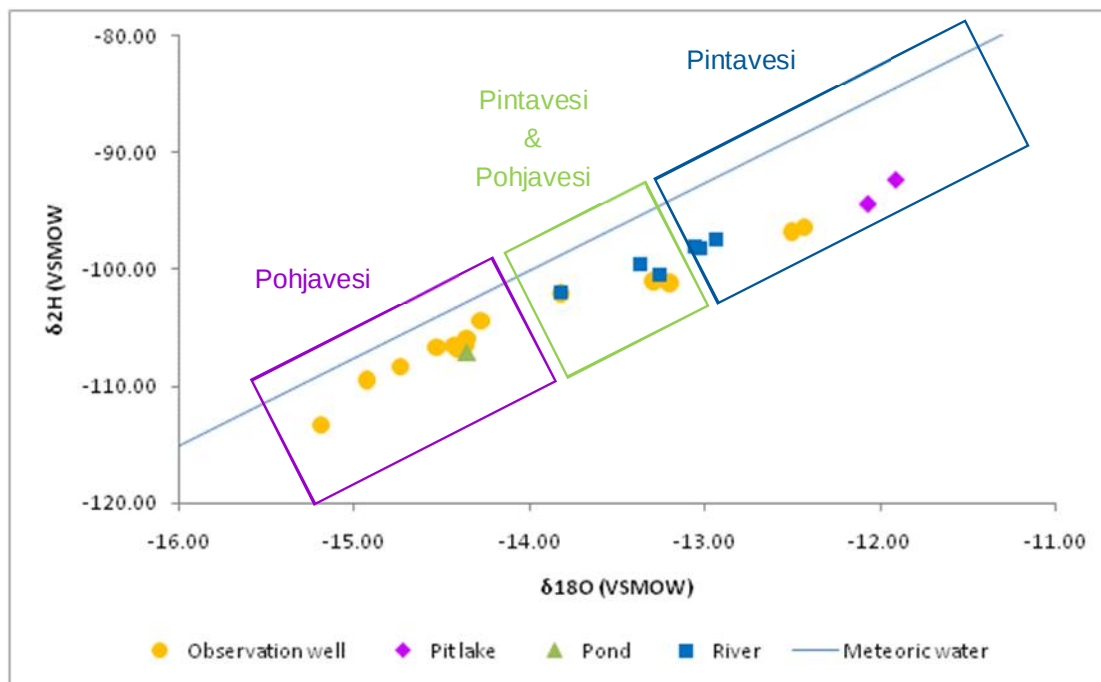
Yliopisto on koonnut myös maatulka-aineistoa (GPR), jonka perusteella väliaikaisten pietsometriä alueella ei ole maaperäainesta, vaan joen pohjan alluvisedimentit ovat kerrostuneet suoraan kallioperän päälle. Alluvisedimentit koostuvat hiekasta ja sorasta (SRK:n kenttähavainnot), minkä vuoksi niiden hydraulinen johtavuus on todennäköisesti riittävän korkea ylläpitämään alla olevan kallioperän ja joen välistä hydraulista yhteyttä.

Taulukko 6-46: Äkäsjokeen asennetut väliaikaiset pietsometrit (lähde Nurminen and Korkka-Niemi (2011))

Havaintopaikka	Pietsometrin syvyys (m joen pohjan alla)	Joen pinta (m joen pohjan yläpuolella)	Pohjaveden pinta (m joen pohjan yläpuolella)
MP1	0,50	0,18	0,22
MP2	0,24	0,47	0,51
MP3	0,36	0,45	0,47

Yliopisto otti vesinäytteitä havaintoputkista (OWs), joita oli sijoitettu kvartäärikerrostumiin, louhosjärviin, lampiin ja paikallisiin jokiin. Niistä analysoitiin hapen ($\delta^{18}\text{O}$) ja vedyn (deuterium, $\delta^2\text{H}$) isotoopit. Tulokset esitetään Kaavio 3-24, joka osoittaa $\delta^2\text{H}$ ja $\delta^{18}\text{O}$:n välisen korrelaation Hannukaisessa. Globaalin meteorisen veden korrelaatio on esitetty vertailun vuoksi.

Kolarin alueella ns. Vienna Standard Mean Ocean Water:n (VSMOW) mukainen $\delta^{18}\text{O}$:n keskiarvo on -15 to -14,5 (Kortelainen and Karhu (2004)). $\delta^{18}\text{O}$ -isotoopin arvo vaihtelee Hannukaisessa välillä -15 to -12 (VSMOW). Tulokset (Kuva 6-24) osoittavat, että pohjavesi ja pintavesi sekoittuvat Äkäsjoen ja Valkeajoen. Lisäksi kahden Laurinojan louhoksen lähellä sijaitsevien kairausreikien näytteet osoittavat pohjavesivaikutusta. Louhosjärvien näytteiden perusteella niiden vedet ovat pääosin pintavettä, pohjavedestä ei ole jälkeä. Aiemmin on osoitettu (kappale 6.3.9) että molemmissa louhoksissa on selvä kemokliini ja ne voivat olla pysyvästi kerrostuneita (meromiktisiä). Isotooppinäytteiden otossyvyydestä ei kuitenkaan ole saatavilla tietoa, ja on pidetty todennäköisenä, että ne ovat päällysvedestä, missä veden geokemiallinen koostumus on pintavesien dominoimaa (sadanta ja lumen sulaminen).



Kuva 6-24: Helsingin yliopiston isotooppianalyysit

Akviferin ominaisuudet

Yksityiskohtainen akviferin ominaisuuksien kuvaus hankealueen eri pohjavesiyksiköille on esitetty DFS-raportissa (SRK 2011). Yhteenveto hydraulisista ominaisuuksista on esitetty taulukossa 6-47.

Taulukko 6-47: Hydrauliset ominaisuudet

Sijainti	Geol. Yksikkö	Keskiarvo K (m/d)	n	S _s	S _y	Lähde
Hannukainen	Maaperä	0,18	0,27	N/A	N/A	PSD analyysit
	Kallioperä (HW)	0,01	N/A	1E-06	N/A	Koepumppaukset ja Spinner-testit
	Kallioperä (FW)					
Kuervitikko	Maaperä	0,18	0,27	N/A	N/A	PSD analyysit
	Kallioperä (HW)	0,10	N/A	1E-07	1E-06	Koepumppaukset
	Kallioperä (FW)					

Helsingin yliopisto on laskenut myös maaperän kerrostumien hydraulista johtavuutta. Yliopisto teki in situ – rengassuodatustestejä sekä arvioi hydraulista johtavuutta kerrostumanäytteiden laboriotesteistä ((Nurminen and Korkka-Niemi, 2011). In-situ testien perusteella vertikaalinen vedenjohtavuus oli 0.7–15.0 m/d, kuitenkin tällä testillä saa tietoa hyvin pieneltä alueelta aivan suodatusrenkaan alapuolelta eikä se siten anna tarkkaa laajemmin hydraulisista olosuhteista. Kerrostumanäytteiden vedenjohtavuus vaihteli välillä 0.01 m/d - 373 m/d ja vaihteli voimakkaasti kerrostumatyyppin mukaan kuten on esitetty taulukossa 6-48. Vedenjohtavuuden ja syvyyden välillä ei ole voimakasta korrelaatiota, suurimman mitatun vedenjohtavuuden ollessa keskellä glasiaalikerrostumaa (C).

Taulukko 6-48: Yhteenveto laboratoriotesteissä havaituista maaperän ominaisuuksia

Tyyppi	Näytteiden lukumäärä	K (m/d)
Sora	1	373,25
Hiekkainen sora	2	142,56
Sorainen hiekka	6	34,83
Hiekka	12	26,94
Siltainen hiekka	2	1,08
Hiekkainen diamikton	6	0,59
Hiekkainen siltti	2	0,15
Siltti	3	0,05

PSD-analyysin perusteella saatu maaperän hydraulinen kokonaisuusjohtavuus, 0.18 m/d, (Taulukko 6-47) vastaa hiekkaista silttiä. Yliopiston aineiston tulokset ovat yleensä hieman suurempia kuin SRK:n (2012a) käyttämistä PSD-analyyseistä. PSD-analyysit vastaavat kuitenkin kentällä tehtyjä muuttuvanpaineenkokeita, minkä vuoksi niitä pidetään edustavampina.

Kallioperän hydraulinen johtavuus on suunnilleen yksi-kaksi kertaluokkaa matalampi kuin maaperän (0.10 – 0.01 m/d). Varastointikyky on saatu pumppaustesteistä ja sen on arvioitu olevan 1E-07 to 1E-06. Kallioperän geologian vuoksi arvellaan, että pohjaveden kertymistä ja pohjavesivirtaamia hallitsee rakoverkosto.

Vedenlaatu

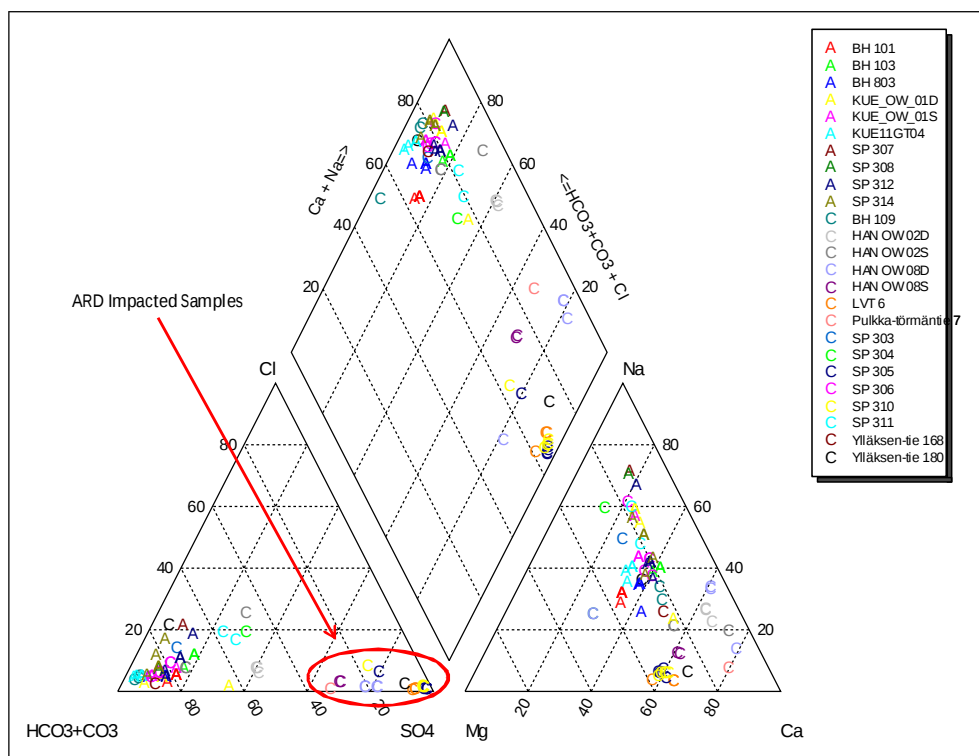
Kunkin havaintopaikan vesityyppi ja keskimääräinen pH on esitetty taulukossa 6-49. Kairausreiät on karkeasti jaoteltu kahteen alueeseen, Hannukainen ja Kuervitikko, jotka viittaavat ehdotettuja avolouhospaikkoja hankealueella. Kairausreikien sijainnit ja ehdotetut louhospaikat on esitetty kuvassa 2-5.

Kunkin alueen keskimääräinen pH vaihtelee alueen poikki arvosta 5.15 havaintopaikalla SP311 arvoon 8.71 havaintopaikalla HAN11HYDR05(D). Litologian tai kairausreiän ja pH:n välillä ei ole selvää korrelaatiota.

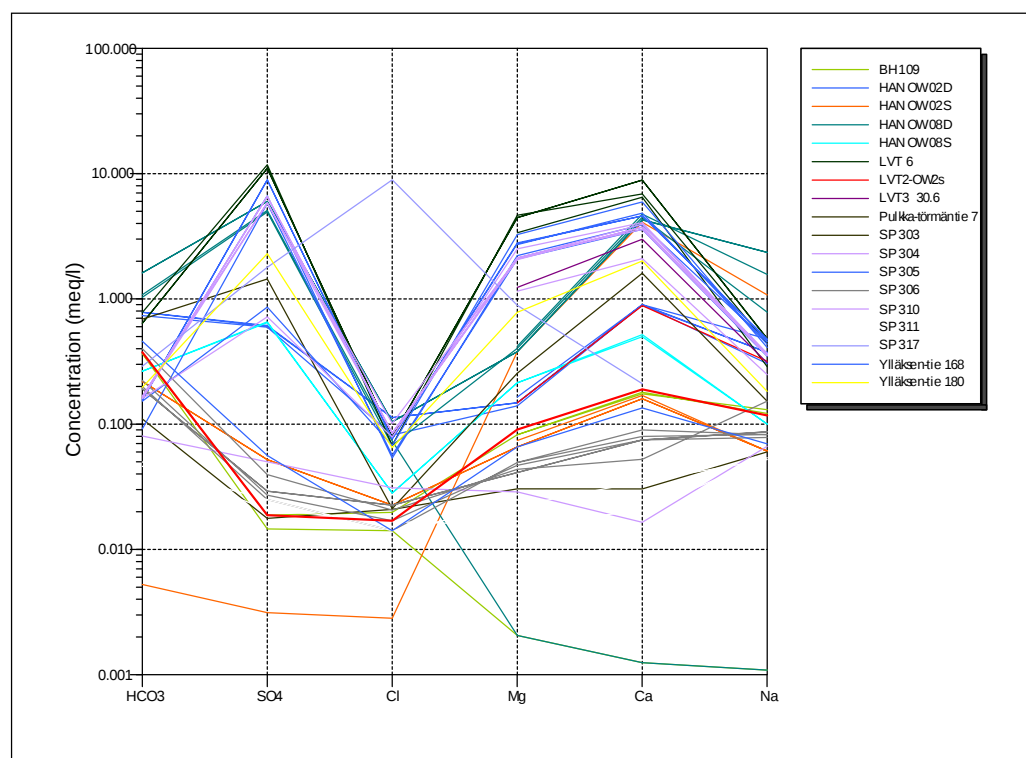
Vesityypit on esitetty graafisesti seuraavasti: Piper-diagrammi kuva 6-25 ja Schoeller-kuvaajat Kuva 6-26 ja Kuva 6-27.

Taulukko 6-49: Yhteenveto Hannukaisen pohjavesinäytteiden vesityypistä ja pH-arvosta

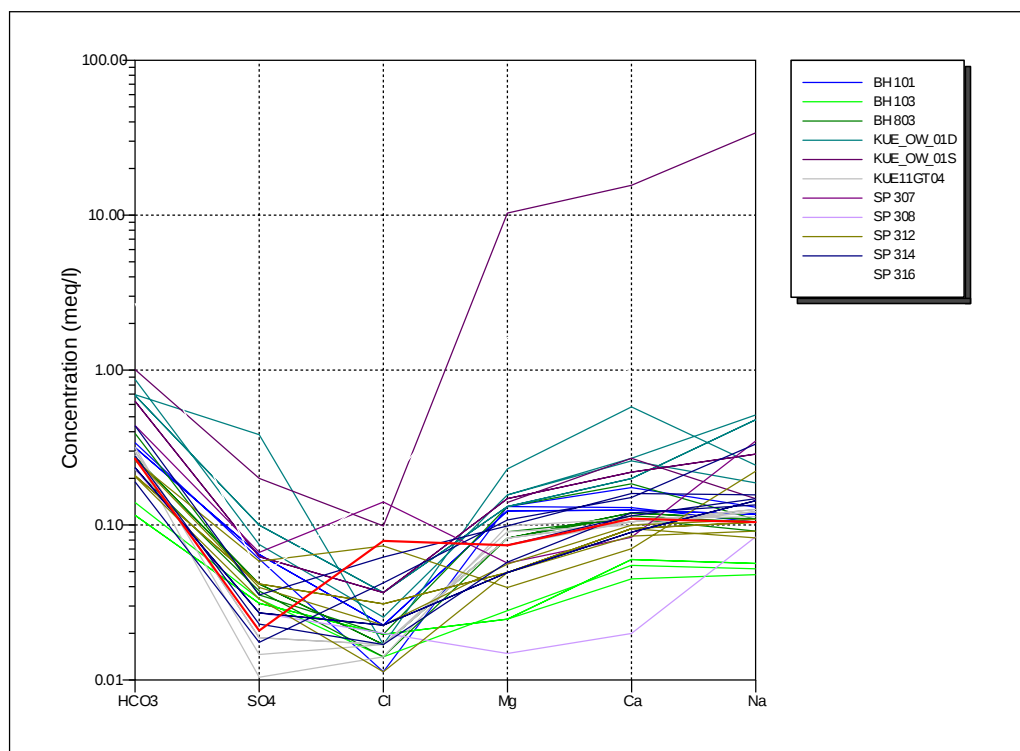
Havaintopaikka	Alue	Vesityyppi	Keskiarvo pH
BH 101	Kuervitikko	Ca-Mg-Na-HCO3	6,4
BH 103	Kuervitikko	Ca-Na-HCO3	5,9
BH 109	Hannukainen	Ca-Na-Mg-HCO3	6,8
BH 803	Kuervitikko	Ca-Na-Mg-HCO3	7,0
HAN OW 02D	Hannukainen	Ca-Na_HCO3-SO4	7,2
HAN OW 02S	Hannukainen	Ca-Mg-Na-HCO3	6,5
HAN OW 08D	Hannukainen	Ca-Na-SO4-HCO3	7,2
HAN OW 08S	Hannukainen	Ca-Mg-SO4-HCO3	6,7
KUE_OW_01D	Kuervitikko	Na-Ca-HCO3	8,7
KUE_OW_01S	Kuervitikko	Ca-Na-Mg-HCO3	8,6
KUE11GT04	Kuervitikko	Na-Ca-Mg-HCO3	7,4
LVT 6	Hannukainen	Ca-Mg-SO4	5,9
LVT2-OW2s	Hannukainen	Ca-Na-Mg	6,8
LVT3 30.6	Hannukainen	Ca-Mg	6,3
SP 303	Hannukainen	Na-K-HCO3	6,0
SP 304	Hannukainen	K-Na-HCO3-SO4	5,4
SP 305	Hannukainen	Ca-Mg-SO4	5,7
SP 306	Hannukainen	Na-Ca-HCO3	6,6
SP 307	Kuervitikko	Na-HCO3-Cl	5,3
SP 308	Kuervitikko	Na-K-HCO3	5,6
SP 310	Hannukainen	Ca-Mg-SO4	6,2
SP 311	Hannukainen	Na-Ca-Mg-HCO3-SO4	5,1
SP 312	Kuervitikko	Na-Ca-HCO3	6,7
SP 314	Kuervitikko	Na-Ca-HCO3	6,4
SP 316	Kuervitikko	Mg-Ca-JHCO3	5,7
SP 317	Hannukainen	Cl-SO4	5,5
Pulkka-törmäntie 7	Hannukainen	Ca-SO4_HCO3	6,2
Ylläksen-tie 168	Hannukainen	Ca-HCO3	6,0
Ylläksen-tie 180	Hannukainen	Ca-Mg-SO4	6,3



Kuva 6-25: Hannukaisen ja Kuervitikon pohjavesinäytteiden Piper-diagrammi, liukoisten pääionien pitoisuudet



Kuva 6-26: Hannukaisen pohjavesinäytteiden Schoeller-graafi, liukoisten pääionien pitoisuudet



Kuva 6-27: Kuervitikon pohjavesinäytteiden Schoeller–graafi, liukoisten pääionien pitoisuudet

Kuvassa 6-25 on esitetty sekä Hannukaisesta että Kuervitikosta otettujen näytteiden pääionikemiaa. Kaavion perusteella näytteet pysyvät hyvin ryhmänä, ilman eroavaisuuksia sen suhteen, onko näyte Kuervitikosta vai Hannukaisesta. Kuitenkin Hannukaisen näytteistä joidenkin pääionikemia poikkeaa selvästi alueen muista näytteistä. Nämä näytteet on ympäröity punaisella kuvassa 6-25. Ne on nimetty ryhmäksi 'ARD-vaikutteiset näytteet', ja niitä kuvataan tarkemmin seuraavassa.

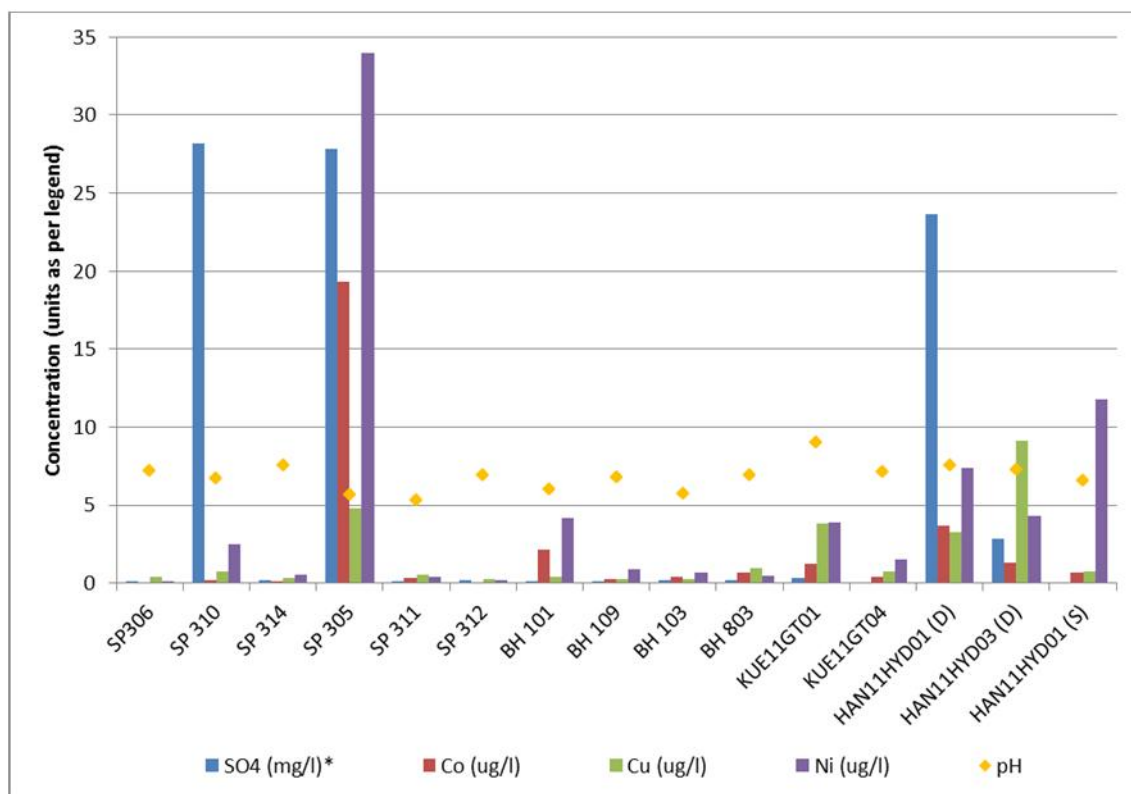
ARD –vaikutteiset näytteet

Kaikki ARD-vaikutteiset näytteet on otettu Hannukaisen alueelta, tarkemmin:

- Kairausreikä SP310, SP305 ja LVT6 sijaitsevat välittömästi nykyiseltä sivukivialueelta ja louhosjärvestä nähdessä pohjavesivirtauksen alapuolella (Kuva 1-2 ja Kuva 5-5);
- Pulkkatörmäntie 7 ja Ylläksentie 180 ovat myös vanhalta kaivosinfrastruktuurilta nähdessä pohjavesivirtauksen alapuolella, vaikkeivät niin lähellä; ja
- HAN11HYD01(D) (merkitty kuvissa HAN OW 08D) ei sijaitse välittömästi mihinkään nykyiseen infrastruktuuriin nähdessä pohjavesivirtauksen alapuolella.

Näytteissä SP305 ja SP310 bikarbonaattipitoisuus on pieni ja sulfaatti-, magnesium- ja kalsiumpitoisuus suuri. Kohonnut magnesiumpitoisuus indikoi silikaattien rapautumista. Myös havaintopaikkojen HAN11HYD01(D), HAN11HYD01(S) ja HAN11HYD03(D) sulfaattipitoisuudet ovat koholla, samoin kalsiuminkin jonkin verran. HYD-sarjan reiät eivät sijaitse pohjavesivirtauksien suhteen välittömästi minkään toiminnon alapuolella ja on mahdollista, että kohonneet sulfaattipitoisuudet johtuvat näillä paikoilla kallioperän sulfidien rapautumisesta. Sulfidien rapautuminen voi olla syynä myös näytteiden SP305 ja SP310 kohonneisiin sulfaattipitoisuuksiin, mutta matalista havaintoputkista saadut trendit voivat myös viitata kairausreikien yläpuolella sijaitsevilta jätekivialueilta suotautuvien vesien vaikutusta pohjaveden laatuun.

Kuvasta 6-28 voidaan havaita nikkelin (Ni), kobolttin (Co), kuparin (Cu) ja sulfaatin (SO_4) väliset suhteet Hannukaisessa. Yleensä SO_4 -pitoisuus on korkea samaan aikaan kuin Ni, Co ja Cu. Positiivinen korrelaatio on voimakkain nikkelin kanssa ja heikoin kuparin kanssa Co ja Ni ovat melko liikkuvia, kun pH on neutraali ja näiden metallien korkea pitoisuus viittaa sulfiittien rapautumiseen. Siten Co- ja Ni-pitoisuudet tukevat ajatusta, että Hannukaisessa havaittu kohonnut SO_4 -pitoisuus on seurausta sulfiittien rapautumisesta.



*Huom. SO_4 -pitoisuudet on kerrottu 0.1:llä, jotta ne on saatu samaan mittakaavaan muiden muuttujien kanssa.

Kuva 6-28: Raskasmetallipitoisuudet Hannukaisessa

Nykyisin Hannukaisessa sulfiittikiviä on läjitetty sivukivialueelle ja niitä on myös louhosten seinämissä. Kuervaaran louhoksessa rautavärjäymiä näkyy itäseinällä osoittaen sulfidien hapettumista. Sulfidien hapettumisen vuoksi louhosjärvi on hapan ja siinä on suhteellisen runsaasti rautaa ja sulfaatteja. Louhosjärven sulfaatti voi olla peräisin rapautumisesta, mutta myös louhoksen seinässä näkyvien halkeamien kautta tulevista sivukivialueen suodosvesistä. Läjitysalueelta ei tapahdu näkyvää suotautumista, eikä sivukivialueiden suotautumisen

määrää ole määritetty.

Vedenlaatu Hannukaisessa-

Kuvassa 6-29 - 6-40 on esitetty laatikkokuvaajat (Box and Whisker) Hannukaisen ja Kuervaaran pH-, nikkeli-, koboltti-, kupari-, sulfaatti ja uraanituloksista. Aineiston puuttuessa kuvaajiin on jätetty tyhjät kohdat.

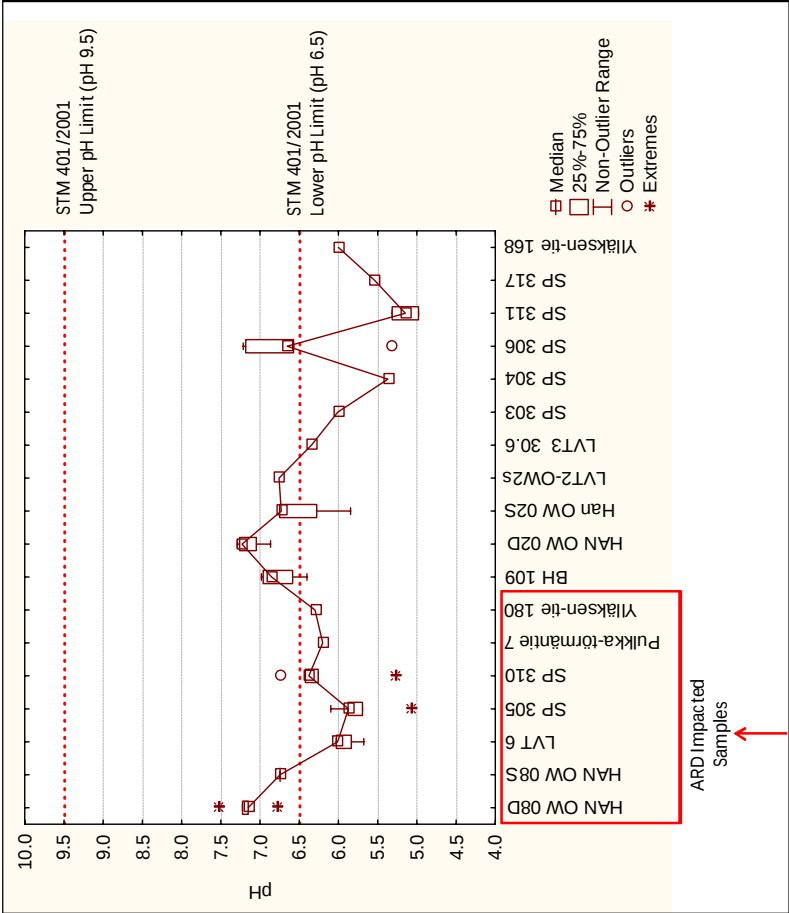
Hannukaisen tuloksia verrattiin Suomen sosiaali- ja terveysministeriön talousveden laatua koskevaan asetukseen (STM 401/2001) siinä määritettyjen muuttujien osalta. Kobolttia ja uraania on verrattu Äkäsjoen havaintopaikalle FS09 määritettyihin hälytysrajoihin (AV), sillä niille ei ole asetettu juomaveden laatusuoriteja. Keskeiset havainnot olivat seuraavat:

- Havaittu pH alittaa juomaveden laatusuorimen alarajan pH 6,5 useilla havaintopaikoilla (Kuva 6-29). Pienimmät pH arvot olivat havaintopaikoilla SP305 ja SP311, pH 5,1 ja pH 5 tässä järjestyksessä, osoittaen kohtalaista happamuutta;
- Kuvassa 6-30 esitetty vahvistaa sen, että sulfaattipitoisuudet ylittävät talousvesinormit havaintopaikoilla HAN11HYD01D, LVT6, SP305 ja SP310, jotka on luokiteltu ARD-vaikutteisiksi (ks. Kuva 6-25). Korkein sulfaattipitoisuus, 564 mg/L, on todettu näytteestä LVT6 juomaveden laatusuorituksen rajan ollessa 250 mg/L;
- Kuva 6-31 osoittaa, että kaikkien näytteiden kobolttipitoisuudet alittavat havaintopaikalle Äkäsjoki FS09 määritetyn hälytysrajan (AV) (4 µg/L), poikkeuksena näyte LVT6, jossa havaittiin korkein kobolttipitoisuus, 24,86 µg/L. Myös havaintopaikan SP305 kesäkuun 2011 kobolttipitoisuus 19,32 µg/L ylitti hälytysrajan AV, mutta tämä oli poikkeus, sillä muilla havaintokerroilla keskimääräiset pitoisuudet olivat alle hälytysrajan;
- Kaikkien näytteiden kuparipitoisuudet alittivat talousvesinormin 2000 µg/L (Kuva 6-32); pitoisuudet olivat suurimmat havaintopaikassa Ylläksentie 168, jossa korkein mitattu pitoisuus oli 35 µg/L. On hyvä huomata, että talousveden laatusuorituksen raja on merkittävästi korkeampi kuin Äkäsjoki FS09:lle asetettu hälytysraja (AV), joka on 5 µg/L;
- Kuvasta 6-33 voi nähdä, että suurin osa näytteiden nikkelipitoisuuksista täyttää talousvesilaatusuorimen (raja 20 µg/L) poikkeuksena elokuun 2012 näytteenottokierroksella havaintopaikka LVT6, josta analysoitiin paikan maksimipitoisuus 97 µg/L, ja kesäkuun 2011 kierroksella havaintopaikka SP305, josta raportoitiin sen maksimipitoisuus 34 µg/L. Nämä tulokset voivat myös viitata koejärjestelyn virheeseen, sillä keskimääräiset pitoisuus muilla näytteenottokerroilla olivat 14,8 µg/L havaintopaikalla LVT6 ja 4,3 µg/L havaintopaikalla SP305; ja
- Kuvasta 6-34 voi nähdä, että kaikkien näytteiden uraanipitoisuudet ovat alle Äkäsjoki FS09:lle määritetyn hälytysrajan (AV) 15 µg/L, poikkeuksena HAN11HYD01(D), jossa korkein havaittu pitoisuus oli 27,5 µg/L.

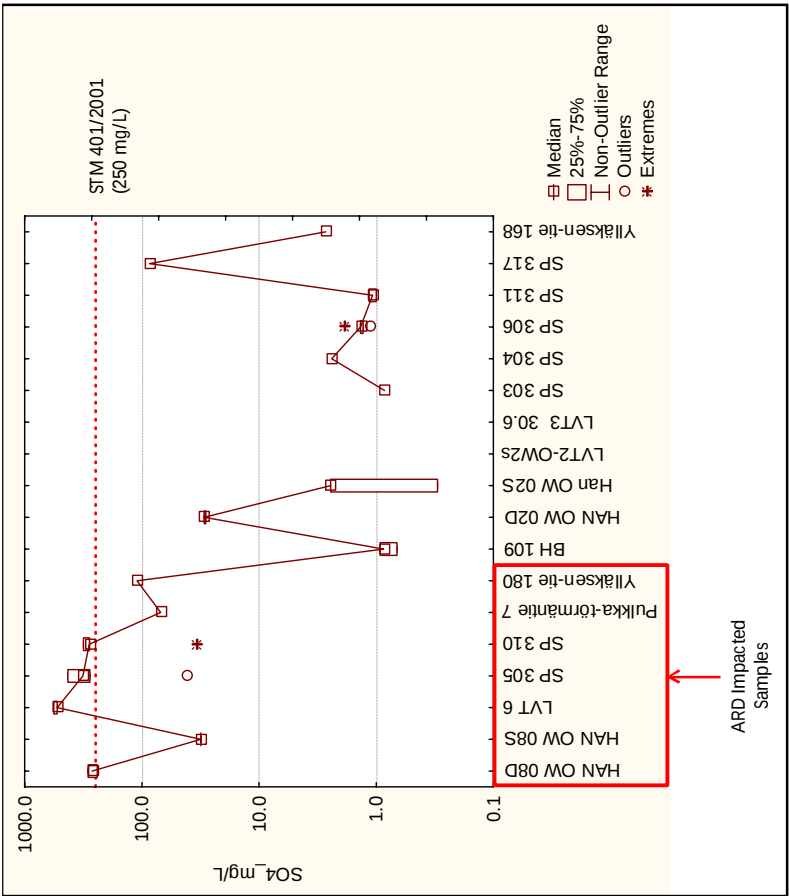
Vedenlaatu Kuervitikossa

Myös Kuervitikon tuloksia verrattiin Suomen sosiaali- ja terveysministeriön talousveden laatua koskevaan asetukseen (STM 401/2001) paitsi kobolttia ja uraania, joita verrattiin Kuerjoen havaintopaikalle FS40 määritettyihin hälytysrajoihin (AV), sillä näille muuttujille ei talousvesiasetuksessa ole asetettu normeja. Keskeiset havainnot ovat seuraavat:

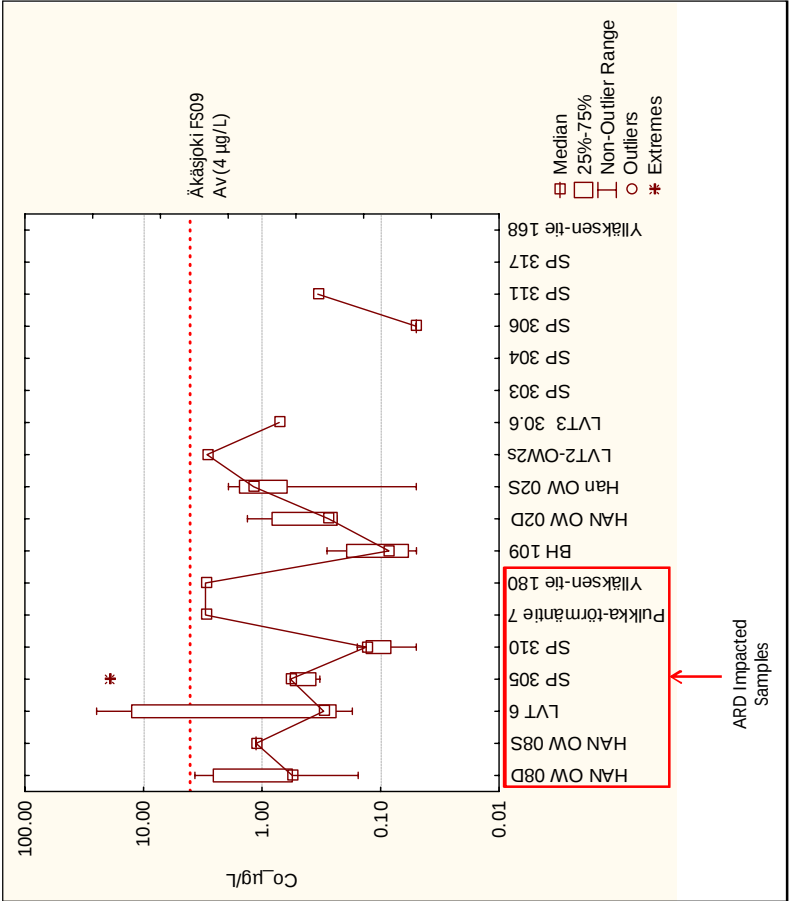
- Havaintopaikoilta BH101, BH103, SP307, SP308 SP312, SP314 ja SP316 otetuissa näytteissä pH arvot alittivat talousvedelle asetetun vähimmäisrajan pH 6,5 (Kuva 6-35). Minimiarvo pH 5,3 raportoitiin havaintopaikalle SP307, joka voidaan määrittää kohtalaisen happamaksi;
- Kuva 6-36 voi nähdä, että kaikkien näytteiden sulfaattipitoisuudet ovat alle talousveden laatusuositusrajan 250 mg/L. Keskimääräiset pitoisuudet ovat korkeimmat näytteissä HAN11HYD05(D) ja HAN11HYD05(S), tulosten ollessa 7,9 mg/L ja 2,0 mg/L tässä järjestyksessä;
- Minkään näytteen kobolttipitoisuudet eivät ylittäneet Kuerjoen havaintopaikalle FS40 määritettyä hälytysrajaa (AV) (4 µg/L) (Kuva 6-37). Maksimipitoisuus 2,11 µg/L mitattiin näytteestä ja Kuvasta 6-38 voi nähdä, ettei mikään näytteistä ylittänyt kuparin talousveden laaturajaa 2000 µg/L. Laaturaja on merkittävästi korkeampi kuin Kuerjoen havaintopaikalle FS40 määritetty kuparin hälytysraja (AV) 5 µg/L, vaikkakin kaikki näytteet alittivat myös tämän pitoisuusrajan havaitun maksimipitoisuuden ollessa 3,8 µg/L näytteessä HAN11HYD05(D);
- Kaikki näytteet alittivat nikkeliille asetetun talousveden laaturajan 20 µg/L (Kuva 6-39); ja
- Kuvasta 6-40 voi nähdä, että kaikki näytteet alittavat myös Kuerjoelle määritetyn uraanin hälytysrajan (AV) (4 µg/L.). Uraanin maksimipitoisuus 0,92 µg/L mitattiin havaintopaikalta HAN11HYD05(D).



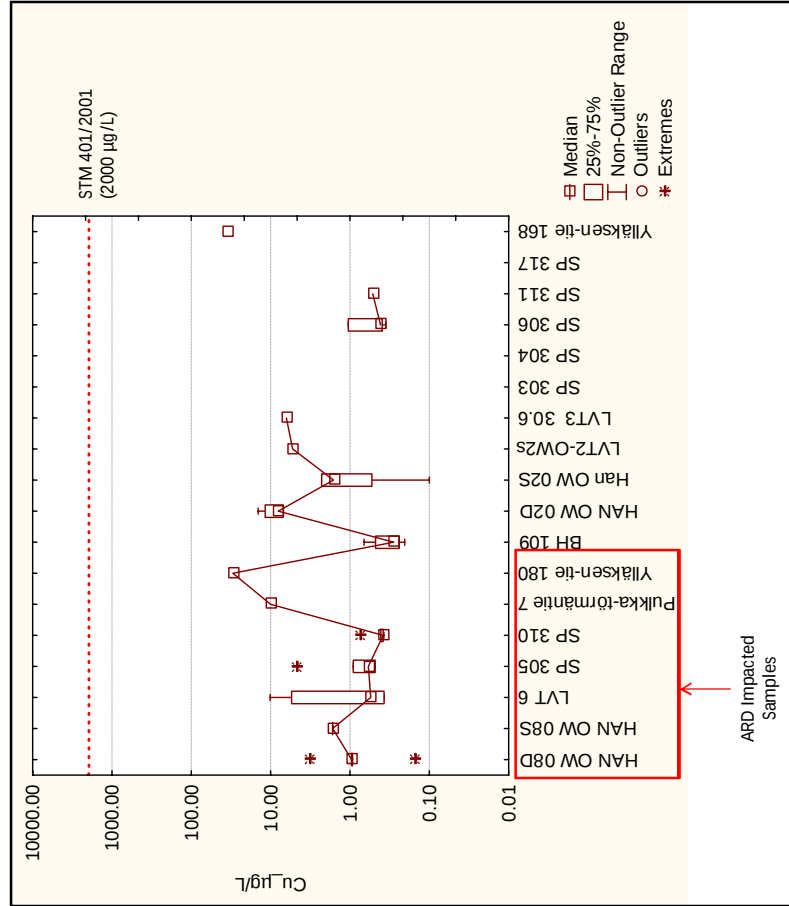
Kuva 6-29: Hannukaisen alueen näytteiden pH, Box & Whisker laatikkokuvaaja



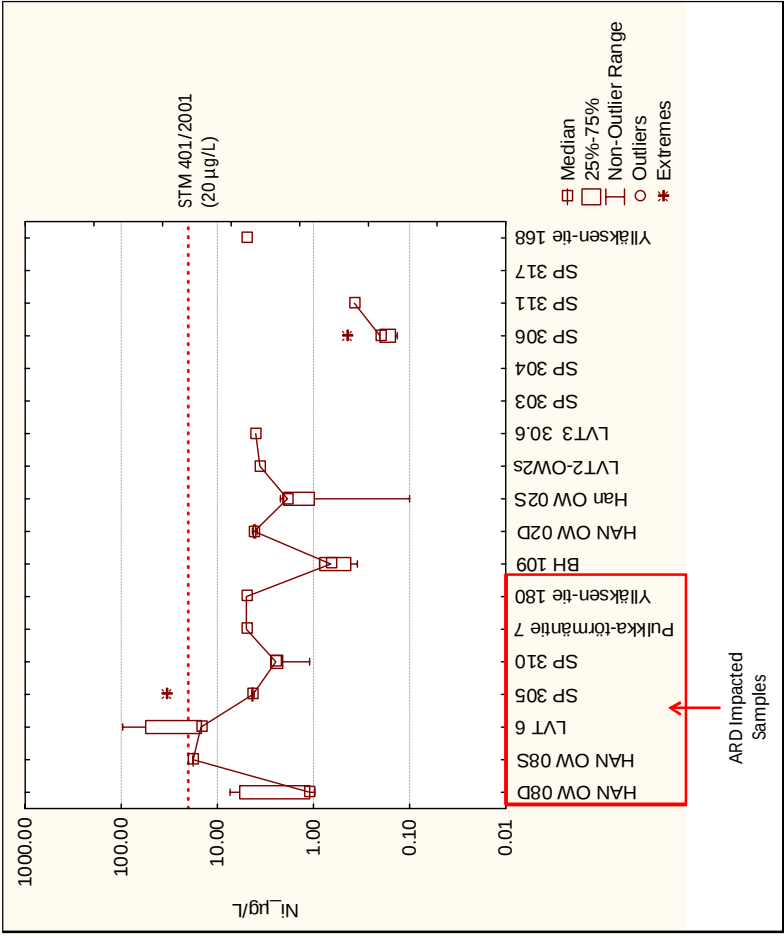
Kuva 6-30: Hannukaisen alueen näytteiden sulfaattipitoisuus, Box & Whisker laatikkokuvaaja



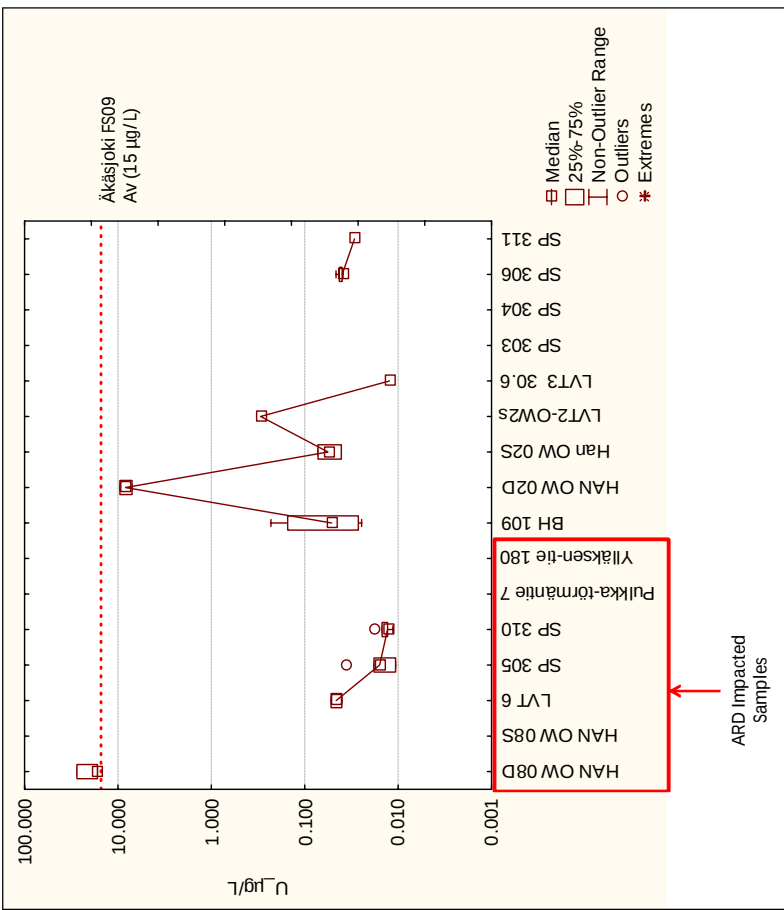
Kuva 6-31: Hannukaisen alueen näytteiden kobolttipitoisuus, Box & Whisker laatikkokuvaaja



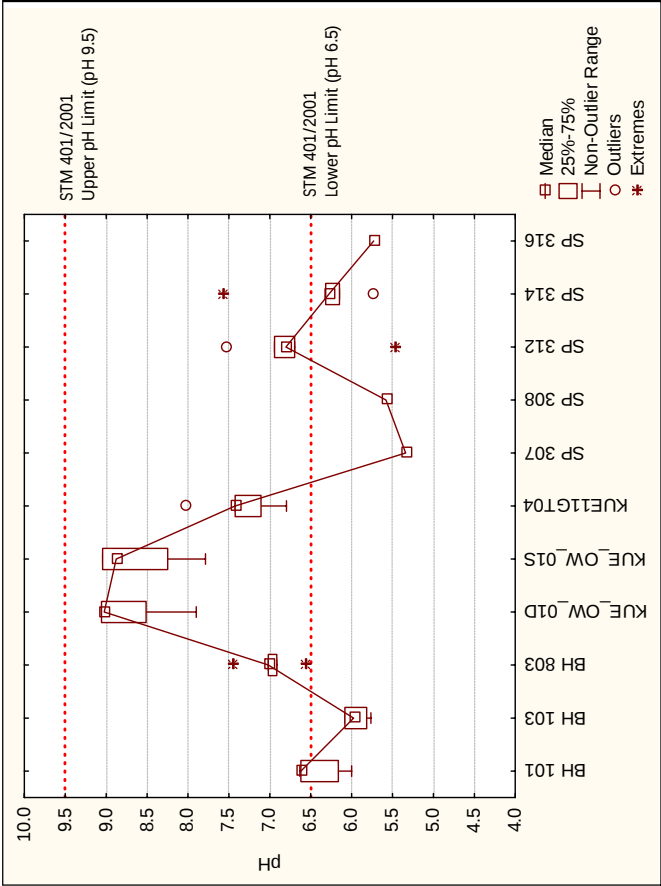
Kuva 6-32: Hannukaisen alueen näytteiden kuparipitoisuus, Box & Whisker laatikkokuvaaja



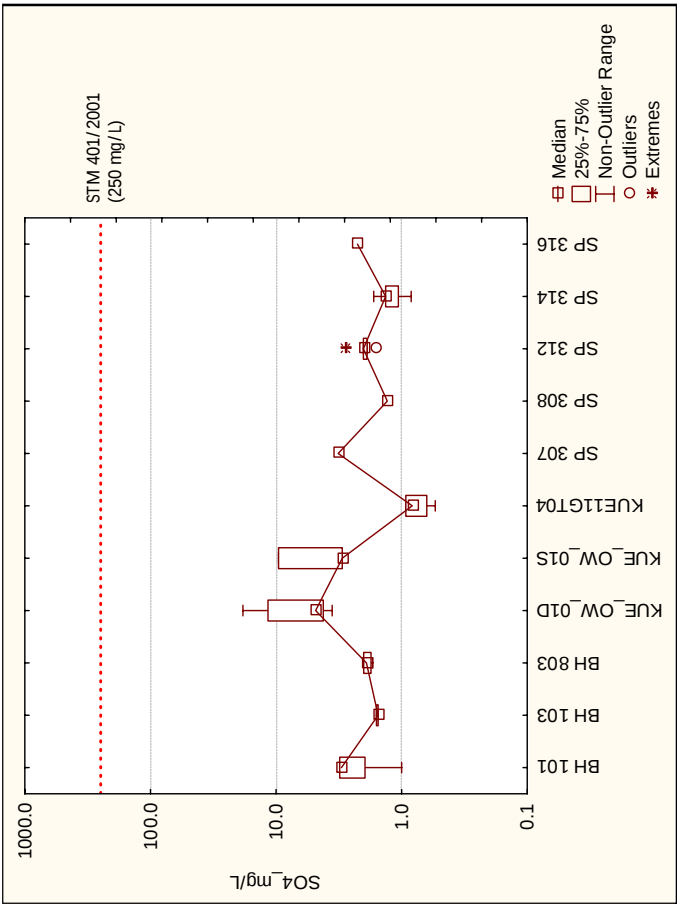
Kuva 6-33: Hannukaisen alueen näytteiden nikkelpitoisuus, Box & Whisker laatikkokuvaaja



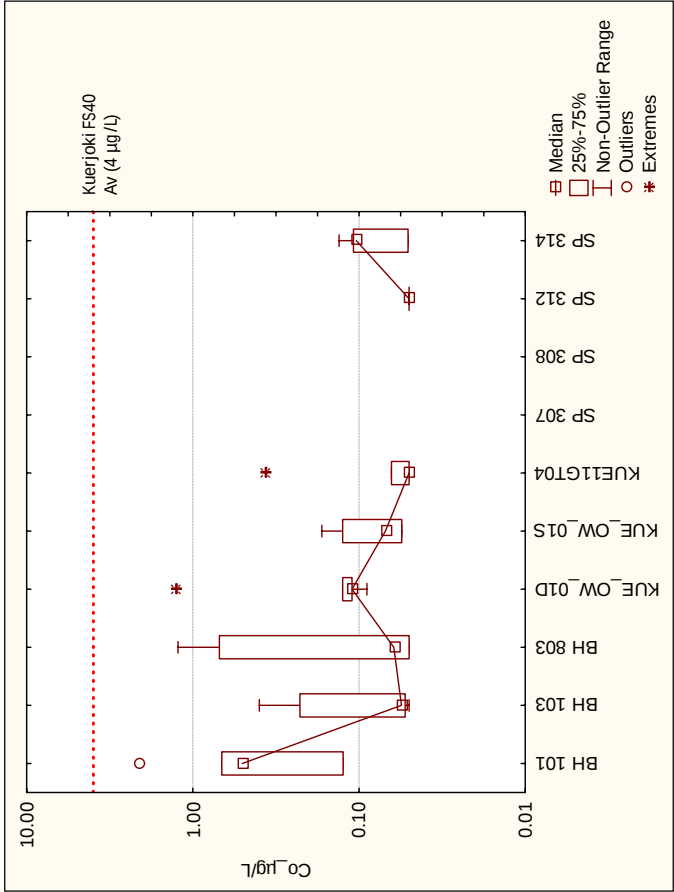
Kuva 6-34: Hannukaisen alueen näytteiden uraanipitoisuus, Box & Whisker laatikkokuvaaja



Kuva 6-35: Kuervitikon alueen näytteiden pH, Box & Whisker laatikkokuvaaja

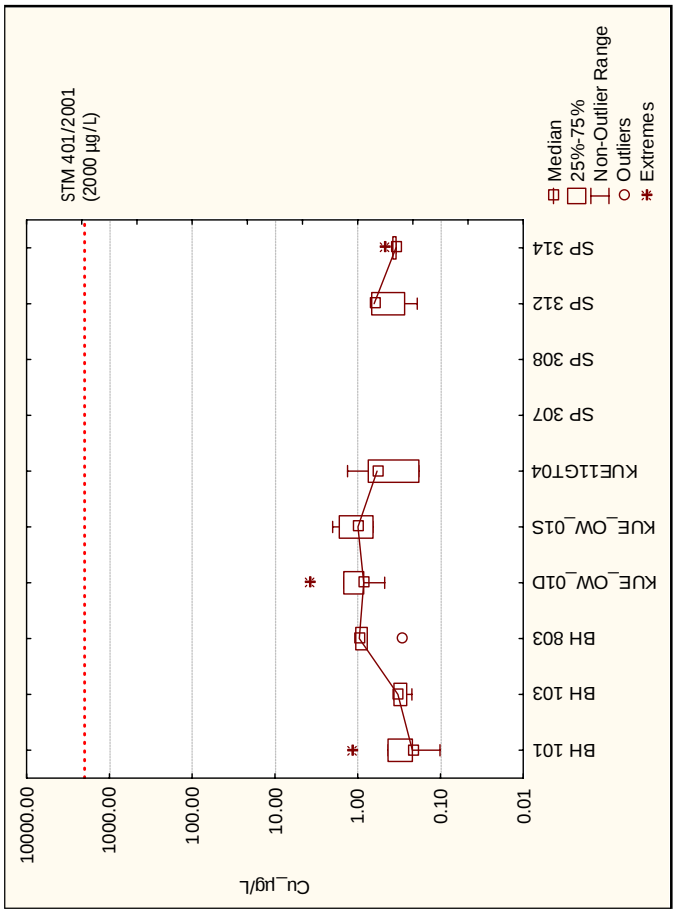


Kuva 6-36: Kuervitikon alueen näytteiden sulfaattipitoisuus, Box & Whisker laatikkokuvaaja



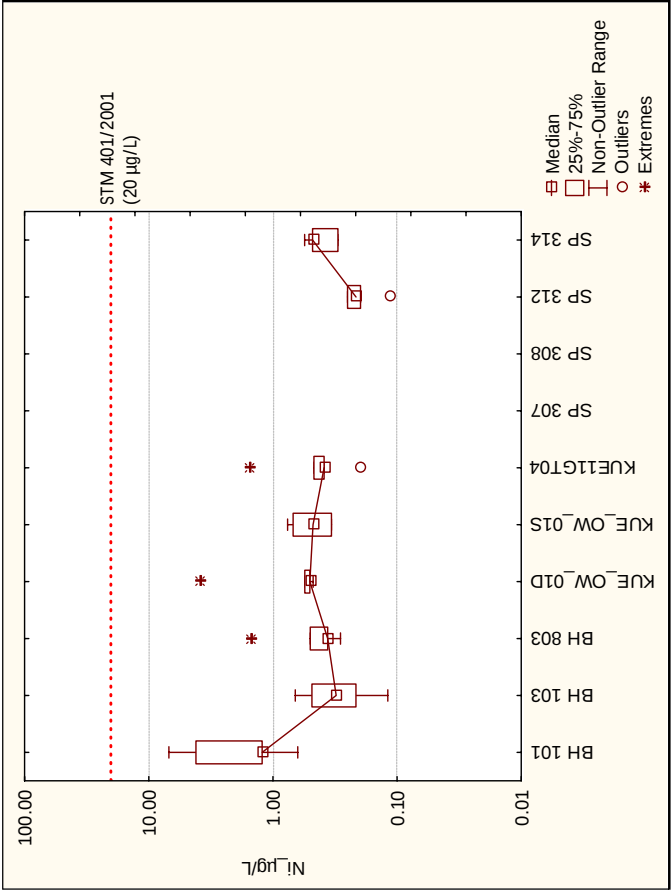
Kuva 6-37:

Kuervitikon alueen näytteiden kobolttipitoisuus,
Box & Whisker laatikkokuvaaja

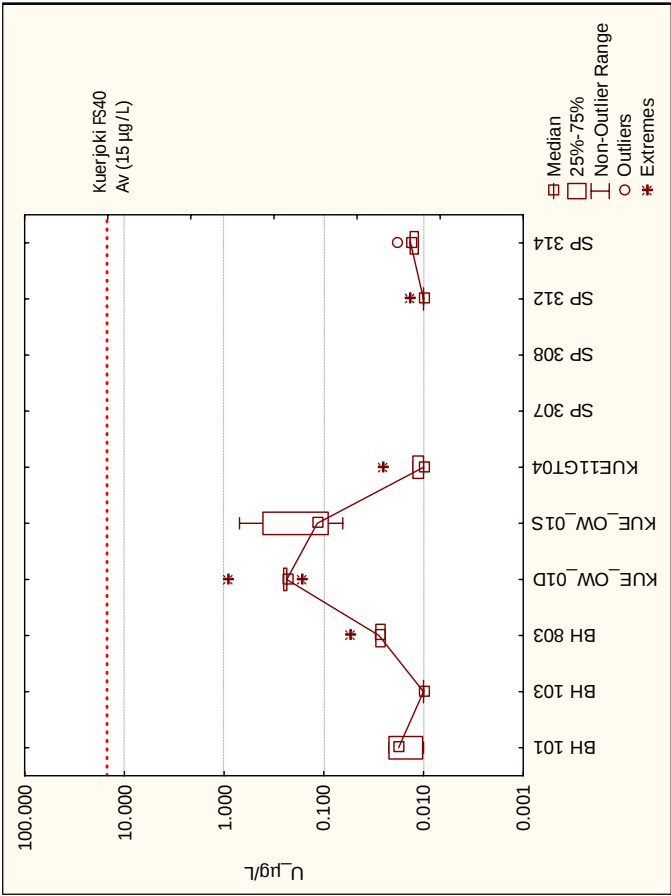


Kuva 6-38:

Kuervitikon alueen näytteiden kuparipitoisuus,
Box & Whisker laatikkokuvaaja



Kuva 6-39: Kuervitikon alueen näytteiden nikkelipitoisuus, Box & Whisker laatikkokuvaaja

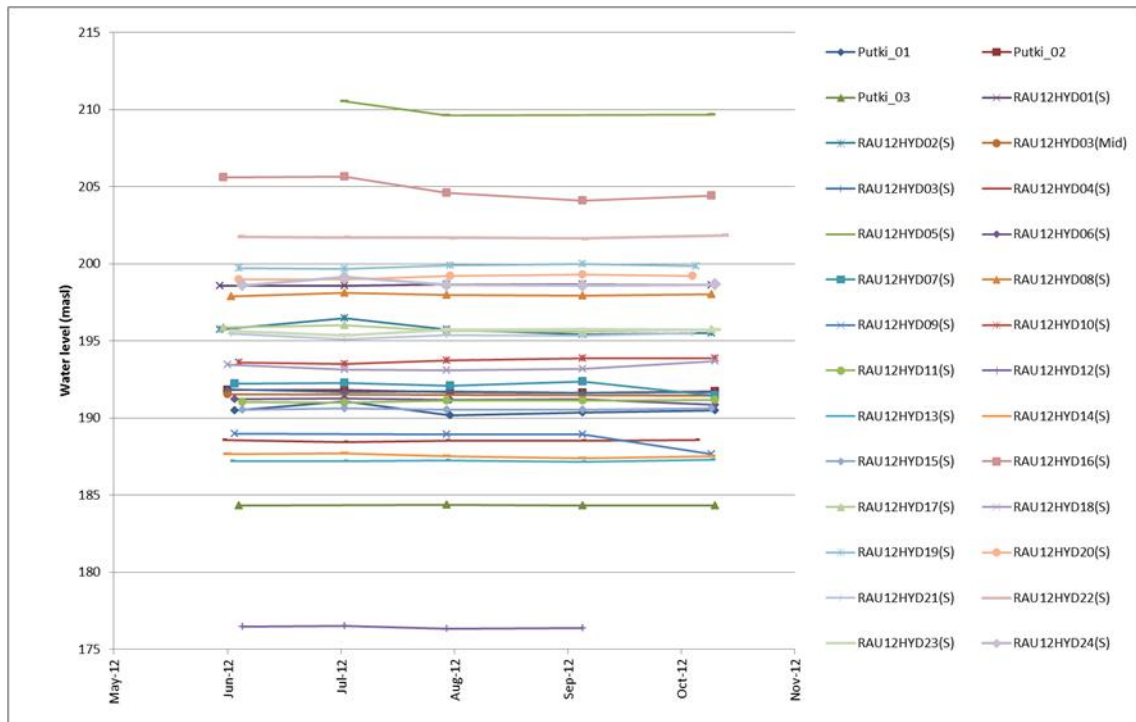


Kuva 6-40: Kuervitikon alueen näytteiden uraanipitoisuus, Box & Whisker laatikkokuvaaja

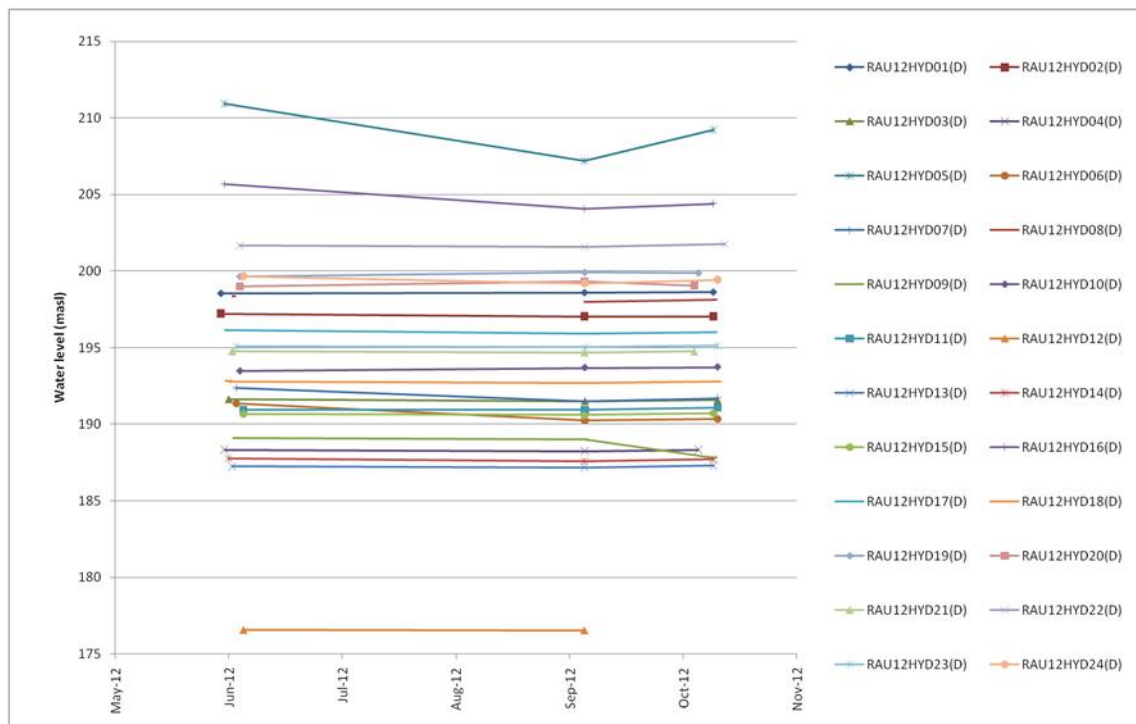
6.4.2 Rautuvaara

Pohjavesitasot

Hav_putki_- ja RAU12HYD- sarjojen havaintopaikoista manuaalisesti kerätyn aineiston tulokset on esitetty kuvassa 6-41. Aineisto on peräisin kolmesta hydrografista; Hav_putki pietsometreistä, RAU12HHYD- syvistä (D) pietsometreistä ja RAU12HYD- matalista (S) pietsometreistä. Kairauspaikat on esitetty kuvassa 2-7. Havaintoaineisto on kuvattu kokonaisuudessaan liitteessä H.



(a)



(b)

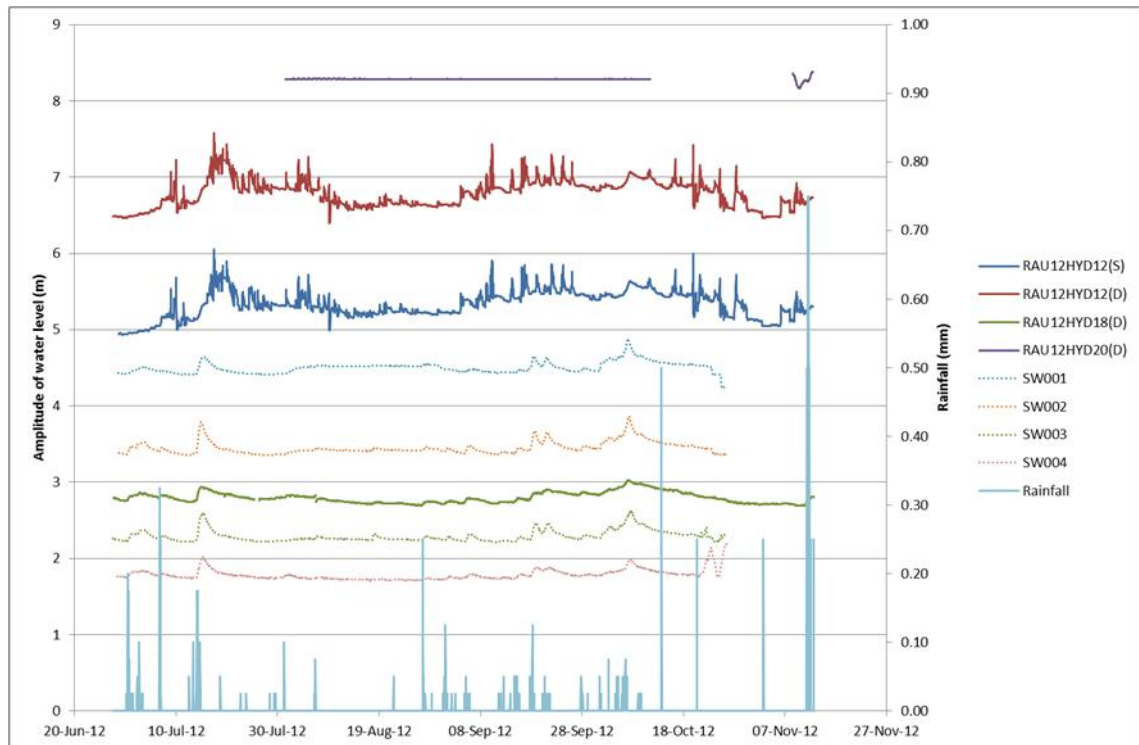
Kuva 6-41: Manuaalisesti mitatut pohjavesitasot (a) matalat RAU12HYD-(S) ja Hav_putki- sarjat, ja (b) syvät RAU12HYD-(D) sarjan kairausreiät

Kuvan 6-41 tulokset osoittavat että Rautuvaarassa:

- Havaitut pohjavesitasot vaihtelevat välillä 176.31 mmpy - 210.95 mmpy;
- Pohjavesi on yleensä matalalla. Kesäkuun 2012 tarkkailukierroksen aikana pohjaveden pinta havaittiin maanpinnan yläpuolella 12 pietsometrissä (24 %); alle 1 mmpa 7 pietsometrissä (14 %) ja vähemmän kuin 7 mmpa noin 75 % pietsometreistä.;
- Pohjaveden pinnantaso ei yleensä vaihtelee merkittävästi. Yksittäisten pietsometriin pohjavesitasot vaihtelevat välillä 0,02 – 3,72 m syvässä akviferissa ja välillä 0,05 – 1,56 m matalassa akviferissa. Suunnilleen 80 %:ssa sekä matalista että syvistä havaintopaikoista pinnantaso vaihteli alle 0,5 m tarkkailujakson aikana;
- Seuraavassa esitetään poikkeukset:
 - o Vedenpinta on alentunut tarkkailujakson aikana yli 0.5 m sekä syvissä että matalissa akvifereissa havaintopaikoilla RAU12HYD05, RAU12HYD16, ja syvässä rapautuneen kallioperän akviferissa havaintopaikoilla RAU12HYD06 ja RAU12HYD07, jotka molemmat sijaitsevat olemassa olevien rikastushiekka-alueiden alla. Suurimmassa osassa näistä paikoista vallitsee pieni ylöspäin suuntautuva vertikaalinen hydraulinen gradientti;
 - o Pohjaveden pinnan havaittiin kohonneen heinäkuussa matalassa akviferissa havaintopaikoilla RAU12HYD08(S), RAU12HYD12(S), RAU12HYD24(S) ja Hav_putki-01. Tämän otaksutaan johtuvan kesäkuun lopun / heinäkuun alku-keskivaiheen sateista. Kaikista kolmesta RAU12HYD- kairaussarjasta havaittiin voimakas ylöspäin suuntautuva vertikaalinen hydraulinen gradientti heinäkuun 2012 havaintojaksona. Muista alueen kairausrei'istä sitä ei havaittu. Koska Hav_putki-01 on yhden tason pietsometri, tämän paikan hydraulisen gradientin luonnetta ei voi tunnistaa.;
 - o Havaintopaikassa RAU12HYD23(S) vedentaso oli alempi heinäkuussa kuin muina kuukausina.
- Rautuvaarassa syvyys pohjaveteen vaihtelee ollen matalissa pietsometreissä välillä -0,76 m maan pinnan alapuolella (mpa) (eli pietsometrinen pinta on maanpinnan yläpuolella) ja 24,47 mmpa ja syvissä pietsometreissä välillä -0,59 ja 24,43 mmpa. Todettu 25 - 75 prosenttipisteen vaihteluväli on matalissa pietsometreissä 0,49 – 4,40 mmpa ja syvissä 0,12 – 7,15 mmpa.

Pohjaveden imeytymisessä on suurta vuodenaikaisvaihtelua (kappale 6.1.), mistä voi seurata vuodenaikaisvaihtelua pohjavesivarastojen suuruudessa ja sitä kautta pinnan tason vaihtelua. Pohjaveden pinnantason seurannan rajallisen keston vuoksi varastoitumisen vuodenaikaisvaihtelun vaikutuksen suuruutta ei kuitenkaan ole vielä mahdollista arvioida.

Kuvassa 6-42 on esitetty Niesan altaan pintaveden tarkkailuasemalta ja Kuervitikon sääasemalta saatujen tietojen lisäksi neljästä paineanturista mitatut pohjavedentasot.



Huom: Asteikko kaavion vasemmalla puolen kuvaa vedentason muutoksen suuruutta eikä veden pinnan absoluuttista tasoa tietyllä havaintopaikalla. Myöskään aikavektori ei ole absoluuttinen ja annettu aika-asteikko kuvaa vain vedenpinnan muutosta ajan suhteen kullakin havaintopaikalla.

Kaavio 6-42: Paineanturihydrografiit Niesan altaan pohjavedenkorkeuden seuranta- asemilta

Pohjavesihydrografiit kuvassa 6-42 osoittavat että:

- Pohjaveden pinnan suurimmat muutokset havaittiin asemalla RAU12HYD12 (S+D). Muutokset asemalla RAU12HYD18(D) ovat sen sijaan paljon vaimeammat ja asemalla RAU12HYD20(D) pinnan taso on vakaa;
- Havaintoja ei vielä ole riittävästi, jotta vuodenaikaiset vaihtelut voitaisiin arvioida. Kuitenkin voidaan havaita, että pohjaveden taso paikoilla RAU12HYD12(S+D) ja RAU12HYD18(D) on noussut syyskuun alusta-puolivälistä, mikä näyttää vastaavan lisääntyneitä sateita märempien, talvien olosuhteiden alkaessa. Lokakuun puolivälistä pohjavedentasot näillä paikoilla ovat laskeneet, mikä voi johtua talviolosuhteista ja niihin liittyvästä veden suotautumisen vähenemisestä (sadanta tulee lumena veden sijasta);
- Havaintoasemilla RAU12HYD12(S+D) ja RAU12HYD18(D) on selvä yhteys rankkaan sadejaksoon heinäkuun puolivälissä, yhteys sateeseen on ilmeinen myös pintavesiaineistossa. Vastine on voimakkaampi havaintopaikalla RAU12HYD12(S+D) kuin asemalla RAU12HYD18(D), suunnilleen 0,6 m ja 0,2 m, tässä järjestyksessä;
- Vaste sateeseen 14. heinäkuuta on pintavesissä välitön ja havaittavissa asemilla RAU12HYD12 ja RAU12HYD18 4-tunnin kuluessa, mikä osoittaa veden suotautuvan pohjaveteen nopeasti näillä paikoilla;
- Matalan ja syvän pietsometrin vaste paikalla RAU12HYD12 on samanlainen, mikä viittaa joko siihen, että kahden anturin välinen suojus on pettänyt, tai siihen, että tällä

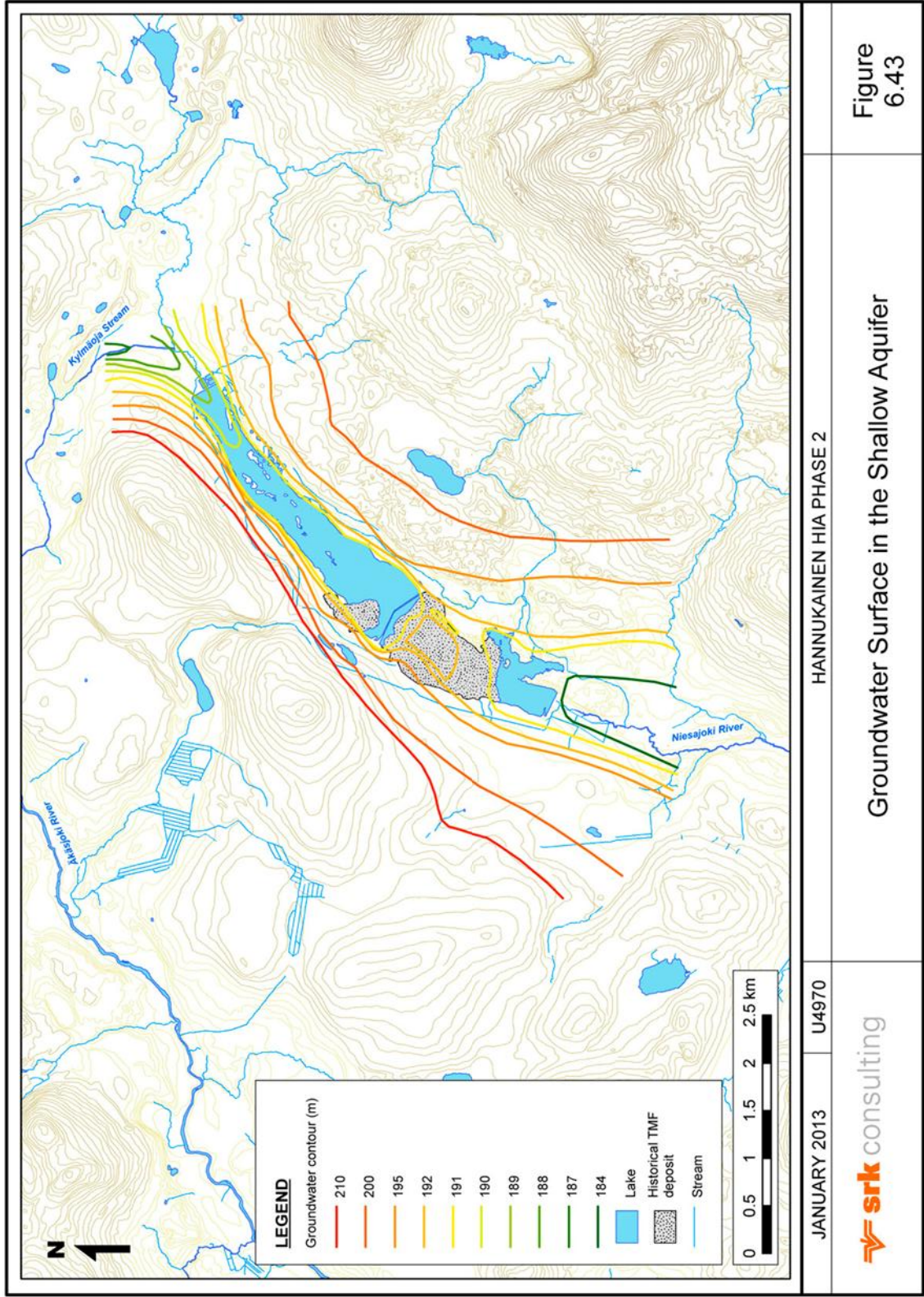
paikalla kallioperä ja maaperä toimivat yhtenäisenä akviferinä. Slug-testeissä suojuksen rikkoutumista ei voitu havaita, joten tällä paikalla akviferin oletetaan olevan yhtenäinen. Tämä on ainoa kohde, jossa anturit on asetettu sekä matalaan että syvään pietsometriin; ja

- Havaintopaikan RAU12HYD20 heinä-syyskuun 2012 vakaalta vaikuttava pohjavedentaso johtuu mittauslaitteen rikkoutumisesta; manuaaliset mittaukset osoittavat, että pinnantason muutos oli heinäkuusta syyskuuhun 2012 noin 0,3 m. SRK ilmoitti ongelmasta Northlandille, ja EHP korjasi asian; nyt anturi vaikuttaa toimivan oikein.

Pohjavesikäyrästä

Heinäkuussa 2012 mitattujen pohjavedentasojen pohjalta interpoloitiin nykyisen Rautuvaaran rikastushiekka-alueen ympäristön matalien ja syvien akviferien pohjavesipinnat. Käyrästä on esitetty kuvassa 6-43 (matala akviferi) ja kuvassa 6-44 (syvä akviferi).

Kuva 6-43: Matalan akviferin pohjavesipinnan taso



Kuva 6-44: Syvän akviferin pohjavesipinnan taso

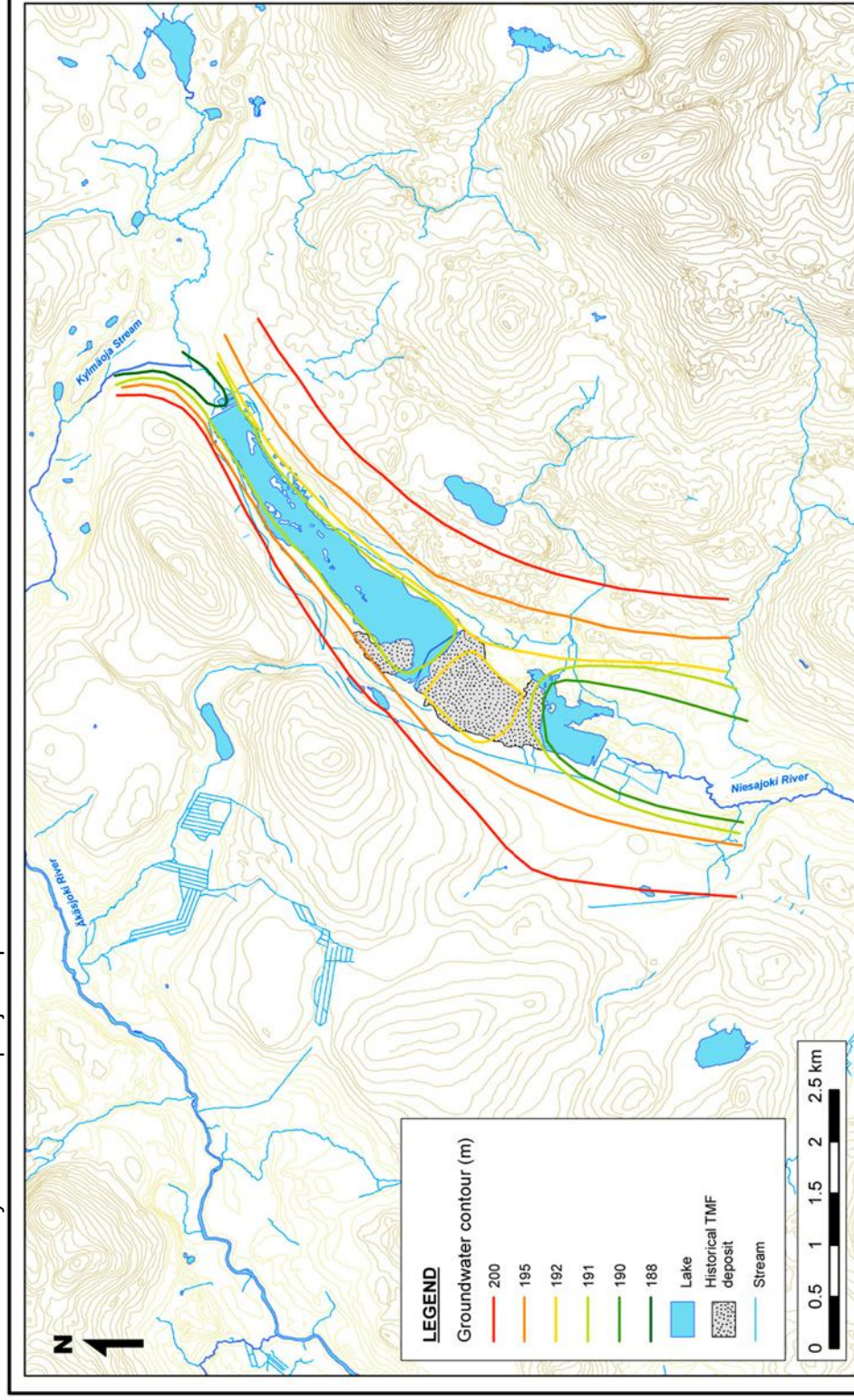


Figure 6-44

Groundwater Surface in the Deep Aquifer

P:\U4784 Rautuvaara HIA\ProjectData\GIS\0_mxd\Figures for reports\Phase 5 FINAL report\Figure 6-15_Deep Water Aquifer Contours_PH2.mxd

Kuvan 6-43 ja Kuvan 6-44 perusteella voi todeta että:

- Sekä syvän että matalan akviferin pohjaveden tasoissa on samanlaiset suuntaukset;
- Pohjavesi seuraa yleisesti topografiaa;
- Puolialueellisella tasolla tarkasteltuna pohjavesi on yleensä vapaapintaista, joten pohjavedellä on yksi pinta (eli pohjaveden pinta syvälle ja matalalle akviferille on sama). Paikallisella tasolla voi kuitenkin esiintyä läpäisevyydeltään alhaisten kerrosten erottamia pohjavesihorisontteja, joiden vuoksi paikallisesti voi esiintyä paineellisia olosuhteita, mikä tarkoittaa, että matala ja syvä akviferi eivät muodosta yhtä jatkuvaa pohjavesimuodostumaa; ja
- Olemassa olevalla läjitäysalueella sijaitsee pohjavedenjakaja, joka rajaa pohjoiseen Pohjoisaltaan ja Kylmäoan suuntaan sekä etelään kohti Eteläallasta ja Niesajokea virtaavat pohjavedet. Tunnistetun pohjavesijakajan sijainti vastaa aikaisemmassa selvityksessä havaittua (GTK, 2010a).

Pintavesien ja pohjavesien vuorovaikutus

Kesäkuussa 2012 kerätyt tiedot pohjaveden korkeuksista on esitetty taulukossa 6-50. Geologiset raportit ja kunkin pietsometrin vesitasot on esitetty kairausraporteissa liitteessä D.

Taulukon 6-50 aineistosta voidaan havaita seuraavaa:

- Suurimmassa osassa kohteen kaakkoispuolen rinteessä sijaitsevista kaivoista havaittiin alaspäin suuntautuvat vertikaaliset gradientit. Myös luoteispuolen kuivien alueiden kairausrei'issä (RAU12HYD22 ja RAU12HYD05) havaittiin vastaavat gradientit. Vapaan vedenpinnan järjestelmässä alaspäin suuntautuva hydraulinen gradientti osoittaa, että vettä siirtyy pinnasta alaspäin ja täyttää alapuolista akviferia.;
- Olemassa olevan rikastushiekka-alueen pohjoisharjanteella (RAU12HYD03) pohjavedentaso oli yli 4 mmpa ja osoitti alaspäin suuntautuvaa vertikaalista gradienttia. Sitä vastoin rikastushiekka-alueen keski- ja eteläpadolla (RAU12HYD07 ja RAU12HYD06) pohjavedentason havaittiin nousevan yli maanpinnantason kesäkuussa 2012 ja vertikaalinen hydraulinen gradientti oli alaspäin. Tässä tapauksessa se voi ennemmin viitata siihen, että pohjavesi virtaa ylöspäin kuin että alueella sijaitseisi paineellinen akviferi.;
- Joillakin paikoilla on viitteitä orsivesiesiintymistä. Esimerkiksi havaintopaikalla RAU12HYD20 syvyys matalan akviferin pohjaveteen on suunnilleen 24,4 m, mutta kuitenkin kaivo sijaitsee suolla. Kosteikkoa ylläpitäneen orsivesisysteemi.;
- Kylmäoan lähellä sijaitsevista kairausrei'issä, havaittiin ylöspäin suuntautuva hydraulinen gradientti, samoin suurimmassa osassa suoalueilla sijaitsevista kairausrei'istä. Tämä tukee olettamusta, jonka mukaan perusvirtaus paikallisiin jokiin ja suoalueille tulee pohjavedestä; ja
- Virtaavat artesiset olosuhteet havaittiin yhdessä kairausrei'ässä (RAU12HYD24(D)), joka sijaitsee Niesan altaan eteläosan kosteikolla. Kesäkuussa 2012 mitattu virtaama oli noin 0,001 L/s.

Havaituista pohjavesigradieniteista (Kuva 6-43 ja Kuva 6-44) ja vedenkorkeusaineistosta voi päätellä, että pohjavesi virtaa harjuilta ja korkeilta maastonkohdilta (interfluuvit) gradienttia

myöten kohti laaksojen pohjilla sijaitsevia järviä ja jokia. Pohjavesi purkautuu näihin pintavesiin pohjavirtaamana, minkä lisäksi se ylläpitää suoalueita, joita esiintyy koko Niesan alueella.

Tätä mallia tukee Helsingin yliopiston ilmalämpökuvauksen alustavat tulokset, joiden perusteella on tunnistettu lukuisia alueita, joissa pohjavettä tihkuu pintavesijärjestelmään. (Kuva 6-45). Kuvassa 6-45 on esimerkkejä kylmemmän pohjaveden tihkumisesta lämpimämpiin pintavesimuodostumiin.

Taulukko 6-50: Pohjaveden tasot heinäkuussa 2012

Kairausreikä	Matala VP (mmpa)	Syvä VP (mmpa)	Hydraulinen gradientti	Akviferin ominaispiirteet ²
Vapaa vedenpinta				
RAU12HYD01	8,07	8,11	Vaakasuora	Vapaa
RAU12HYD03 ¹	4,68	4,89	Alaspäin	Vapaa
RAU12HYD04	1,14	1,41	Alaspäin	Vapaa
RAU12HYD06 ¹	-0,46	-0,58	Heikosti ylöspäin	Vapaa – ylöspäin suuntautuvan hydraulisen gradientin uskotaan johtuvan pohjaveden purkautumisesta pintaan eikä paineellisista akviferin olosuhteista
RAU12HYD07 ¹	-0,05	-0,19	Heikosti ylöspäin	Vapaa – ylöspäin suuntautuvan hydraulisen gradientin uskotaan johtuvan pohjaveden purkautumisesta pintaan eikä paineellisista akviferin olosuhteista
RAU12HYD10	8,22	8,34	Alaspäin	Vapaa
RAU12HYD11	5,39	5,49	Alaspäin	Vapaa
RAU12HYD12	0,04	-0,02	Vaakasuora	Vapaa
RAU12HYD13	7,14	7,13	Vaakasuora	Vapaa
RAU12HYD14	2,69	2,58	Heikosti ylöspäin	Vapaa – ylöspäin suuntautuvan hydraulisen gradientin uskotaan johtuvan pohjaveden purkautumisesta pintaan eikä paineellisista akviferin olosuhteista
RAU12HYD15	2,43	2,32	Heikosti ylöspäin	Vapaa – ylöspäin suuntautuvan hydraulisen gradientin uskotaan johtuvan pohjaveden purkautumisesta pintaan eikä paineellisista akviferin olosuhteista
RAU12HYD16	-0,52	-0,59	Vaakasuora	Vapaa d
RAU12HYD18	0,84	1,48	Alaspäin	Vapaa
RAU12HYD19	14,25	14,31	Vaakasuora	Vapaa
RAU12HYD20	24,47	24,43	Vaakasuora	Vapaa
RAU12HYD21	-0,76	-0,07	Alaspäin	Vapaa
RAU12HYD22	3,03	3,14	Alaspäin	Vapaa
RAU12HYD23	19,79	20,36	Alaspäin	Vapaa
Paineellinen				
RAU12HYD17	0,18	-0,08	Ylöspäin	Osin paineellinen
RAU12HYD02	1,86	0,37	Ylöspäin	Paineellinen
RAU12HYD05	KUIVA	4,92	Ylöspäin	Paineellinen
RAU12HYD08	0,10	-0,38	Ylöspäin	Paineellinen
RAU12HYD09	5,00	4,87	Ylöspäin	Paineellinen
RAU12HYD24	0,53	-0,54	Ylöspäin	Paineellinen

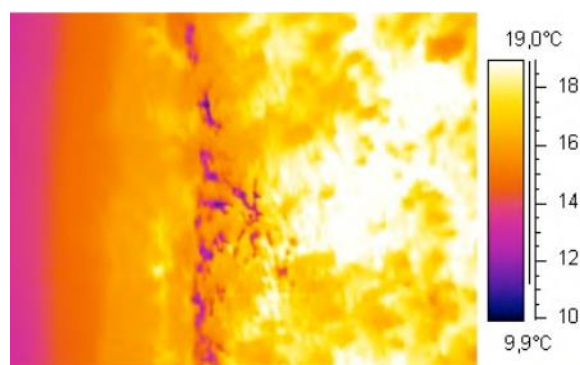
¹ Sijaitsee nykyisellä rikastushiekka-alueella² Mikäli pohjaveden pinnantaso on korkeampi matalassa akviferissa kuin syvässä, on vertikaalinen hydraulinen gradientti alaspäin osoittaen sen, että vettä siirtyy matalasta syvään akviferiin. Syvää akviferia voi tällaisissa olosuhteissa kuvata vapaapintaiseksi. Käänteisesti, syvän akviferin korkeampi vedenpinta (verrattuna matalaan akviferiin) osoittaa, että vettä siirtyy syvästä akviferista ylöspäin matalaan akviferiin. Tämä voi viitata siihen, että syvän akviferin olosuhteet ovat paineelliset, tai että pohjavesi virtaa tällä paikalla syvästä akviferista matalaan.



(a)



(b)



Kuva 6-45: Alustavia tuloksia Helsingin yliopiston tutkimuksen lämpökuvauksista.

Akviferin ominaisuudet

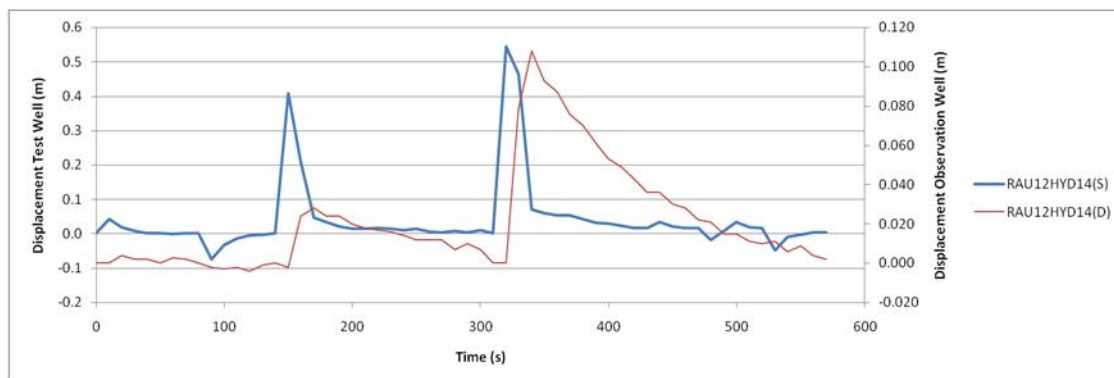
Maanpeitteen ja alapuolisen rapautuneen kallioperän akviferin ominaisuuksia tutkittiin kairausten aikaisilla purkautumistesteillä ja läpäisevyyden seurannalla ja myöhemmin pietsometrijärjestelmien pohjaveden pinnantason seurannalla, slug-testeillä ja muuttuvanpaineentesteillä.

Akviferin ominaisuuksia

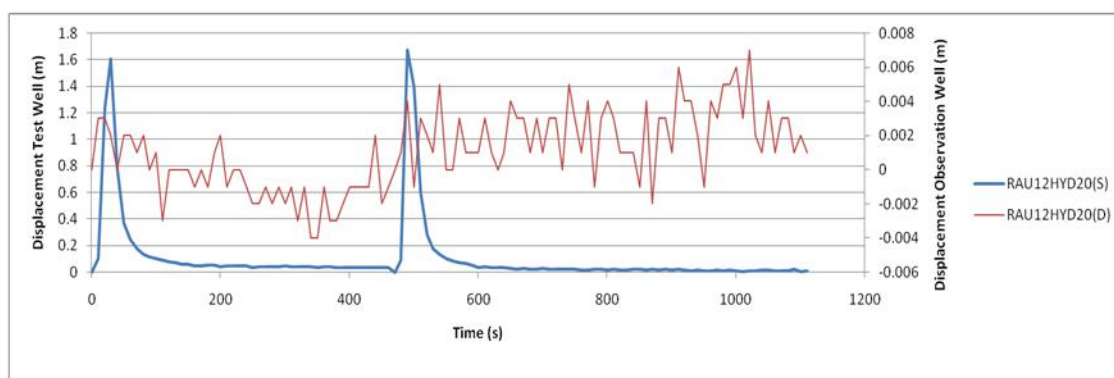
Kunkin kaivon geologiset raportit, pohjaveden pinnantasotiedot ja slug-testien tulokset hyödynnettiin akviferin ominaisuuksia määrittäessä:

- Pohjaveden nousua havaittiin matalassa ja syvässä akviferissa kesäkuussa ja syyskuussa 2012 ja niitä verrattiin toisiinsa geologisen raportin tulosten valossa; ja
- Slug-testien aikana suljetun pietsometrin vedenpinnantasoja seurattiin, jotta saataisiin selville mahdollinen yhteys kallioperän ja maaperän akviferien välillä.

Veden pinnantasoja on tarkasteltu aikaisemmin ja tulosten yhteenveto on esitetty taulukossa 6-50. Esimerkki slug-testin tuloksista on esitetty kuvassa 6-46.



(a)



(b)

Kuva 6-46: Esimerkkejä Rautuvaaran slug-testin havaintoaineistosta, jossa näkyy (a) vahva vaste syvässä akviferissa ja (b) ei vastetta syvässä akviferissa matalassa akviferissa tehdyssä testissä

Slug-testien vasteet voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään:

- Vaste – joko täysi yhteys akviferien välillä (9 %) tai vaste vain syvässä akviferissa (9 %) tai matalassa akviferissa (22 %);
- Ei vastetta (35 %); ja,
- Vaste tuntematon joko siksi, että aineistosta ei voinut päätellä tilannetta (22 %) tai aineisto oli riittämättömän (4 %).

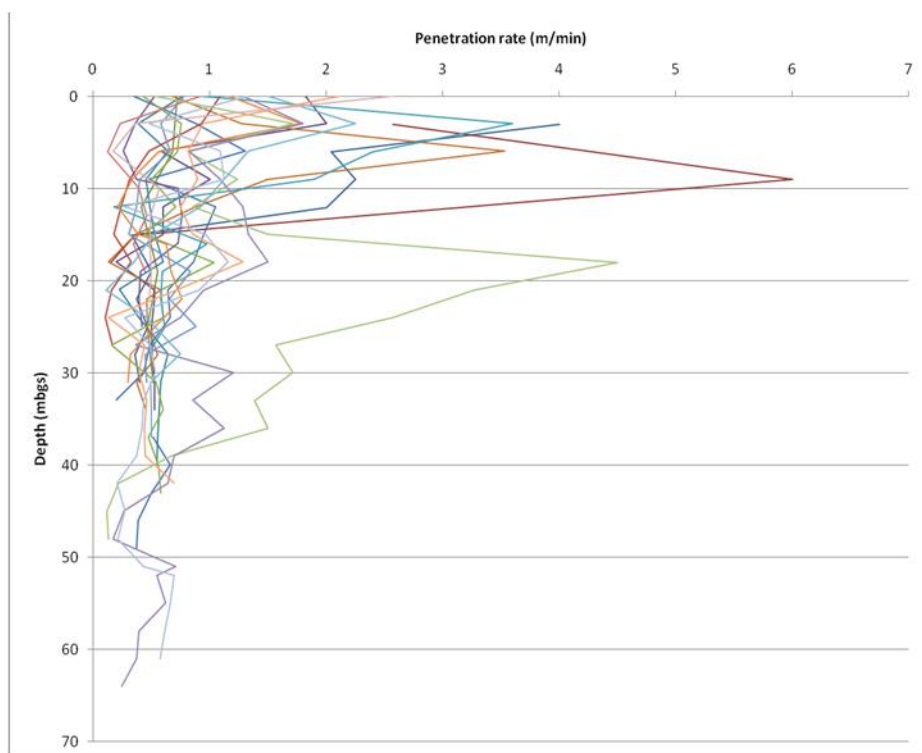
Slug-testien vasteaineiston perusteella akviferiyksiköt Rautavaarassa ovat heterogeenisiä, toisin sanoen matalien ja syvien akviferien yhteydet vaihtelevat alueella paikallisesti.

Kuten aiemmin on tuotu esille, pohjaveden nousu matalassa akviferissa on yleensä suurempi kuin syvässä akviferissa osoittaen, että suurimmassa osassa Rautuvaaran aluetta vallitsee alaspäin suuntautuva hydraulinen gradientti.

Hydrauliset ominaisuudet: matalat ja syvät akviferit

Vedenläpäisevyyttä, slug-testejä ja muuttuvanpaineentestejä käytettiin alueen hydraulisten ominaisuuksien määrittämiseen. Menetelmät on esitetty luvussa 2.3.2 ja yksityiskohtaiset tiedot vaiheen 4 raportissa (SRK, 2012a).

Läpäisevyysarvot on esitetty kuvassa 6-47.



Kuva 6-47: Kairauksen aikana mitattu läpäisevyysarvot.

Kairausaineisto osoittaa, että läpäisevyys yleensä pienenee syvyyden kasvaessa. Läpäisevyys on yleensä tasolla 0,5 m/min - 2 m/min ollen jopa 6 m/min irtomaakerrostumien 5 kaivossa (RAU12HYD03(Mid) (punainen), RAU12HYD06 (tumman sininen), RAU12HYD10 (oranssi), RAU12HYD15 (vaalean sininen) ja RAU12HYD19 (vihreä)).

Läpäisevyysaineisto on hyödyllinen kuvaaja kivimassan vahvuudelle, mistä voi jossain määrin päätellä hydrauliset ominaisuudetkin.

Slug-testejä ja muuttuvanpaineentestejä (ks. jakso 2.3.2) käytettiin akviferin vedenjohtavuuden arvioimiseksi. Pohjaveden varastoitumismuuttujia ei voitu määrittää testin lyhyden vuoksi. Tulokset on esitetty kokonaan liitteessä E.

Yleisesti ottaen rikastushiekan ja irtomaan vedenjohtavuus on samanlainen (suunnilleen 3 – 4 m/d) ja useimmissa paikoissa rapautuneen kallioperän (syvän akviferin) vedenjohtavuus on matalampi (mediaani 0,3 m/d) kuin irtomaan (matala akviferi). Tästä on viisi poikkeusta;

- RAU12HYD03 – sijaitsee rikastushiekan pintaosassa siten, että matala pietsometri on rikastushiekassa ennemmin kuin irtomaassa;
- RAU12HYD11 – syvässä akviferissa hyvin nopea heilahdusvaste;
- RAU12HYD12 – samanlaiset K-arvot sekä syvässä että matalassa pietsometrissä. Kallioperän kairausrei'issä havaittiin huomattavia vesimääriä. Geologisessa raportissa ei havaittu mitään selitystä tälle, ja läpäisevyyttä ei mitattu, joten ei ole mahdollista selvittää, missä määrin kallio on rakoillut alueella. Hydrografien perusteella sama vaste on sekä syvässä että matalassa pietsometrissä (Kuva 6-42), mikä viittaisi siihen, että tällä paikalla on vain yksi akviferi;
- RAU12HYD15 – Yleensä läpäisevyys alenee syvyyden kasvaessa, mutta yksi korkea purkautumistestitulostulos saatiin. Tämä voisi viitata runsaampaan rakoiluun liittyvään heikompaan vyöhykkeeseen. Erillinen rako voisi tuottaa vettä kasvattaen siten K-arvoa kallioperässä; ja
- RAU12HYD17 – Kallioperän akviferin yläosassa on korkea läpäisevyys, ja yksi korkea purkautumistestintulos, mikä voi viitata vettä johtavaan murrokseen tässä sijainnissa.

On huomattava, että kolmessa paikassa (RAU12HYD11(D), RAU12HYD16(S) ja RAU12HYD21(S)) veden korkeus heilahteli slug-testeissä. Tämä voi johtua hyvin korkeista K –arvoista tai siitä, että vesi heilahtelee sorakerrostumassa ennemmin kuin olisi vuorovaikutuksessa akviferin kanssa.

Rikastushiekan hydrauliset ominaisuudet

Kenttätutkimusten aikana huomattiin, että Rautuvaaran nykyisen rikastushiekka-alueen täytön hydrauliset ominaisuudet vaihtelevat suhteessa täyttöpäikkaan. Rikastushiekkamateriaali on karkeampaa pohjoisreunan tuntumassa ja se vastaisi aluetta, jossa rikastushiekkoja on purettu alueelle. Aines muuttuu vähitellen hienojakoisemmaksi kohti läjitysalueen eteläreunaa.

Pohjoisalueella jossa aines on karkeampaa, on pietsometrinen taso noin 5 m maanpinnan alapuolella. Etelään päin pietsometrinen taso alenee suhteessa maanpintaan kunnes rikastushiekka on veden alla.

Rikastushiekka-alueen kaivaukset viittaisivat siihen, että täyttö saattaa olla juoksuherkkää,

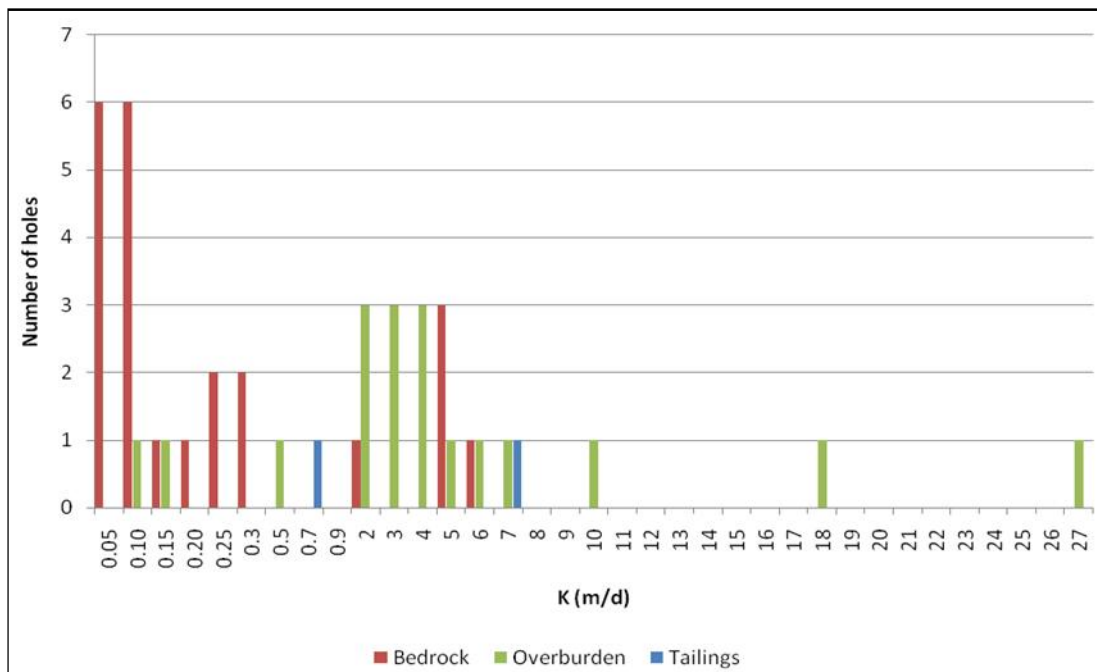
erityisesti etelää kohti, jossa materiaali on hienojakoisempaa. Kaivaminen ja siihen liittyvä tärinä riittivät aiheuttamaan hiekassa huokospaineen kasvun, joka laukaisi hiekan juoksemisen. Ilmiö on tyypillistä tärinälle alttiiksi joutuville hienorakeisille rikastushiekoille. Lisäksi on mahdollista, että hienorakeiset hiekat rajaavat akviferia siten, että joillekin alueille syntyy artesiset olosuhteet olettaen, että rikastushiekka-alue sijaitsee laakson pohjalla.

Hydrauliset ominaisuudet: Yhteenveto

Yhteenveto määritetyistä vedenjohtavuuksista on esitetty taulukossa 6-51 ja taulukossa 6-48. Kokonaisuudessaan tulokset on esitetty liitteessä E.

Taulukko 6-51: Yhteenveto akviferin vedenjohtavuuksista (K)

	Matala akviferi (tai maaperä) K (m/d)	Syvä akviferi (tai rapautunut kallioperä) K (m/d)	Rikastushiekka K (m/d)
Testien lkm	54	52	4
Minimi	0,07	0,0002	0,64
Maksimi	26,97	9,91	7,51
Keskiarvo	3,02	1,18	3,67
25 Prosenttipiste	0,71	0,05	2,15
75 Prosenttipiste	4,10	0,44	5,19



Kuva 6-48: Yhteenveto Rautuvaaran vedenjohtavuusarvioista

Vedenlaatu

Rautuvaaran alueen kairausreikien vedenlaatutulokset on esitetty taulukossa 6-52 ja taulukossa 6-53. Pohjaveden laatua on arvioitu suhteessa Niesajoen havaintopaikalle FS15 määritettyjä vedenlaadun tavoitearvoihin mahdollisten kohonneiden pitoisuuksien esille tuomiseksi.

Kaikkien näytteiden pH vaihteli välillä 6 - 8 (neutraali) lukuun ottamatta RAU12HYD01(S), jossa vesi oli lievästi emäksistä (pH 9).

Sulfaattipitoisuutta käytetään vanhan kaivostoiminnan vaikutusten indikaattorina (mukaan lukien läjitysalueet), ja se ylittää merkittävästi kynnys- tai hälytysrajan seuraavissa paikoissa; kairausreiät RAU12HYD01 - RAU12HYD03 sekä syvät että matalat pietsometrit, kaikki GTK-kairausreiät, sekä syvät pietsometrit paikoissa RAU12HYD07 ja RAU12HYD15. Yleensä korkean sulfiittipitoisuuden näytteissä olivat kohonneet myös koboltin, nikkelin, sinkin, mangaanin ja raudan pitoisuudet.

Arseenipitoisuus on alle kynnysarvon ja hälytysrajan paitsi pietsometrissä RAU12HYD07(D), jonka pitoisuus 0,009 mg/L ylittää hälytysrajan AV WQO of 0,005 mg/L. Kadmiumpitoisuus ylittää hälytysrajan 0,00008 mg/L vain näytteessä RAU02HYD12(S), jossa se on 0,00015 mg/L. Koboltti on koholla vedenlaadun tavoitearvojen hälytysrajaan AV nähden näytteissä RAU12HYD02 ja RAU12HYD19(S), ja ylittää hälytysrajan näytteissä RAUHYD03, RAU12HYD18(S), Hav_putki_1 ja Hav_putki_2. Kromi ylittää vedenlaadun tavoitearvojen hälytysrajan 0,001 mg/L havaintopaikkojen RAU12HYD17, RAU12HYD04(D), RAU12HYD08(D), RAU12HYD10(S) RAU12HYD19(S) RAU12HYD03, RAU12HYD13(S), Hav_putki_1 ja RAU12HYD23(D) näytteissä.

Mangaanipitoisuudet ovat lievästi kohonneita hälytysrajaan verrattuna näytteessä RAU12HYD02 maksimipitoisuuden ollessa 0,728 mg/L verrattuna vedenlaadun tavoitearvojen pitoisuusrajaan 0,70 mg/L. Myös nikkeli on koholla suhteessa hälytysrajaan näytteessä RAU12HYD02 maksimipitoisuuden ollessa 0,17 mg/L (hälytysraja 0,02 mg/L). Lyijy ylittää hälytysrajan 0,0072 mg/L näytteissä RAU12HYD19(D) ja RAU12HYD20(D). Sinkki ylittää vain niukasti hälytysrajan 0,03 mg/L näytteessä RAU12HYD02(S), jossa ilmoitettu maksimipitoisuus on 0,048 mg/L. Uraanipitoisuus ylitti havaintopaikan FS15 kynnysarvon lukuisissa kaivoissa, mutta hälytysraja ylittyy vain näytteissä RAU12HYD03(S) ja RAU12HYD07(D).

Taulukko 6-52: Rautuvaaran alueen pohjaveden keskeisten vedenlaatuomuuftjat verrattuna havaintopaikan FS15 vedenlaadun tavoitearvoihin.

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS15		HYD01		HYD02		HYD03		HYD04		HYD05		HYD06		HYD07		HYD08		HYD09	
		*TV	*AV	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala
		<i>Näytteiden lkm</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	s.u.	<6,7 tai >7,0	<6,0 tai >9,0	6,8	6,9	6	6,1	6	6,1	6,6	6,5	6,8	7,3	7,3	7,4	7,1	7,1	7,1	7,2	7	7
Kiintoaine	mg/L	3	25	67	44	9	322	195	249	43	15	2	348	405	224	697	85	32	29		
Ammonium	mg/L	0,101	1	0,003	0,003	0,013	0,003	0,25	0,105	0,145	0,003	0,003	0,233	0,038	0,113	0,16	0,003	0,003	0,003	0,02	0,02
Nitraatti-N	mg/L	0,279	20	0,0042	0,3094	0,0035	0,0051	0,00358	0,00446	0,005	0,0105	0,012	0,0522	0,0957	0,00219	0,00314	0,029	0,0428	0,00272	0,00835	
Kloridi	mg/L	3	150	2,68	2,12	6,4	4,81	11,6	28,2	1,27	0,33	0,69	1,56	1,19	4,21	4,19	1,22	0,75	1,35	1,08	
Sulfaatti	mg/L	89	159	120	130	365	276	1306	4881	16	3	5	37	3	92	54	17	1	4	9	
Rauta	mg/L	0,92	4,07	0,017	0,009	0,001	0,009	13,6	519	0,017	0,023	0,001	0,169	0,049	0,012	0,131	0,537	0,012	0,041	0,122	
Alumiini	mg/L	0,05	0,1	0,0055	0,002	<0,0005	0,0435	0,0011	0,26	0,0467	0,0246	0,0042	0,284	0,034	0,0096	0,0034	1,047	0,0077	0,0097	0,0011	
Arseni	mg/L	0,0012	0,005	0,0001	0,0001	<0,00005	0,0001	0,0004	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001	0,0003	0,0006	0,0093	0,0006	<0,00005	0,0002	0,0001	0,0001	
Kadmium	mg/L	0,00001	0,00008	0,000011	0,000005	<0,00001	0,00015	0,0001	<0,000005	<0,000005	<0,000005	0,000025	<0,000005	0,00004	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	
Koboltti	mg/L	0,002	0,004	0,0038	0,0006	0,0214	0,0721	0,139	0,0454	0,0011	0,0004	0,0001	0,0006	0,0006	0,0007	0,001	0,0006	<0,00005	0,0005	0,001	
Kromi	mg/L	0,0003	0,001	0,0002	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0017	0,0038	0,0024	0,0006	0,0004	<0,0001	0,0004	0,0009	0,0002	0,0015	0,0005	<0,0001	<0,0001	
Kupari	mg/L	0,0048	0,005	0,0011	0,001	0,0006	0,103	0,0025	0,0007	0,0017	0,0002	0,0006	0,0002	0,0003	0,0007	0,0001	0,0022	0,0001	0,0011	0,0017	
Mangaani	mg/L	0,294	0,7	0,444	0,128	0,726	0,728	9,66	57,76	0,111	0,054	0,0003	0,0377	0,0353	0,326	0,395	0,0591	0,0151	0,162	0,0274	
Molybdeeni	mg/L	0,0002	1	0,0004	0,0002	<0,00005	0,0001	0,0004	0,0027	0,0005	0,0002	0,0005	0,0001	0,0005	0,0043	0,0008	0,0011	0,0003	0,0003	0,0001	
Nikkeä	mg/L	0,007	0,02	0,0038	0,0028	0,0505	0,171	0,0641	0,025	0,0048	0,0009	0,0004	0,0004	0,0026	0,0061	0,0026	0,0018	0,0004	0,0008	0,0017	
Lyijy	mg/L	0,0001	0,0072	0,0001	0	0,0001	0	0,0001	0,0002	0,0003	<0,00002	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	<0,00002	0,0001	0	
Sinkki	mg/L	0,002	0,03	0,0065	0,0026	0,0098	0,0485	0,0265	0,013	0,0119	0,0007	0,0007	<0,0005	<0,0005	0,0012	0,0006	0,0036	0,0006	0,0015	0,0073	
Uraani	mg/L	0,0004	0,015	0,0001	0,0002	<0,00001	0,0004	0,0063	0,1253	0,0001	<0,00001	0,0003	0,0001	0,0001	0,0203	0,0032	0,0002	0,0001	0,0006	0,00003	

Huom: Näytetunnuksissa käytetty laboratoriotukkoideja, joissa ei ole mukana RAU12- liitettä ja sulkumerkkejä, eli HYD01D = RAU12HYD01(D);
Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS15		HYD10		HYD11		HYD12		HYD13		HYD14		HYD15		HYD16		HYD17		HYD18	
		*TV	*AV	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala
		<i>Näytteiden lkm</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
pH	s.u.	<6,7 tai >7,0	<6,0 tai >9,0	7	6,9	7,1	7	7,1	9	6,9	7,3	7,2	6,5	7,0	6,6	7	7,1	7	6,9	6,1	
Kiintoaine	mg/L	3	25	30	70	27	34	9	12	293	50	5	98	4,7	149	243	515	95	37	1381	
Ammonium	mg/L	0,101	1	0,022	0,039	0,019	0,01	0,038	0,013	0,092	0,062	0,021	0,003	0,015	0,007	0,02	0,257	0,011	0,022	0,028	
Nitraatti-N	mg/L	0,279	20	0,058	0,0702	0,0864	0,0197	0,0033	0,0033	0,00668	0,0041	0,0027	0,0225	0,0	0,0	0,018	0,0096	0,0144	0,04117	0,1451	
Kloridi	mg/L	3	150	1,24	0,9	0,8	0,73	0,71	0,78	3,3	3,01	0,83	0,45	1,83	0,70	0,53	0,42	0,69	2,49	0,97	
Sulfaatti	mg/L	89	159	14	2	9	10	21	25	42	44	22	4	238	6	7	18	20	64	19	
Rauta	mg/L	0,92	4,07	0,142	0,042	0,021	0,015	0,012	0,078	0,011	0,144	0,01	0,034	0,025	0,037	0,193	0,724	0,011	0,012	0,012	
Alumiini	mg/L	0,05	0,1	0,0675	0,0533	0,0278	0,0386	0,0108	0,176	2,01	0,025	0,025	0,0531	0,002	0,022	0,533	0,0731	2,11	0,0753	0,0194	
Arseni	mg/L	0,0012	0,005	0,0001	0,0001	<0,00005	<0,00005	0,0007	0,0002	0,0003	0,0017	0,0011	<0,00005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	
Kadmium	mg/L	0,00001	0,00008	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	0,00001	<0,000005	0,00001	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	0,0203	<0,000005	0,0002	0,0006	0,00003	

Koboltti	mg/L	0,002	0,004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0001	0,0001	0,0002	0,0007	0,0002	0,0003	0,0008	<0,00005	0,0004	0,0001	0,0011	0,0014	0,0164
Kromi	mg/L	0,0003	0,001	0,0009	0,0006	0,0002	0,0005	0,0006	0,0008	0,0036	0,0008	0,0010	0,0008	0,0006	0,0007	0,0017	0,0033	0,0004	0,0003
Kupari	mg/L	0,0048	0,005	0,001	0,0006	0,0006	0,0009	0,0028	0,0009	0,0039	0,0006	0,0002	0,0002	0,0004	0,0002	0,0009	0,0114	0,0013	0,0009
Mangaani	mg/L	0,294	0,7	0,135	0,0654	0,116	0,0468	0,0115	0,0178	0,0885	0,0178	0,451	0,1889	0,0029	0,0539	0,0142	0,193	0,355	0,352
Molybdeeni	mg/L	0,0002	1	0,0002	0,0001	<0,00005	0,0017	0,0006	0,0043	0,0021	0,0005	0,0005	<0,00005	0,0016	0,0002	0,0009	0,0011	0,0012	0,0001
Nikkeli	mg/L	0,007	0,02	0,0015	0,0019	0,0027	0,0002	0,0019	0,0006	0,0036	0,0006	0,0010	0,0013	0,0003	0,0016	0,0011	0,0024	0,0027	0,0072
Lyijy	mg/L	0,0001	0,0072	0,0001	0,0003	0,00003	0,0001	0,0003	<0,00002	0,001	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	0,0002	0,0005	0,0002	0,0001
Sinkki	mg/L	0,002	0,03	0,0073	0,0042	0,0042	<0,00005	0,0033	0,002	0,0023	0,002	0,0007	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0014	0,0024	0,003	0,0081
Uraani	mg/L	0,0004	0,015	<0,00001	0,0002	<0,00001	0,0005	0,0002	0,0014	0,0048	0,0014	0,0010	0,00004	0,00005	<0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Huom: Näytetunnuksissa käytetty laboratorioikodeja, joissa ei ole mukana RAU12- liitetä ja sulkumerkkejä, eli HYD01D = RAU12HYD01(D);
Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS15		HYD19	HYD20		HYD22		HYD23		HYD24			Putki1 GTK	Putki2 GTK	Putki3 GTK
		*TV	*AV		Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä				
		Näytteiden lkm		1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	4	2
		<6,7 tai >7,0	<6,0 tai >9,0	6,6	7,8	6,7	7,2	7,7	7,3	6,6	6,5	7	6,8	5	6,1	6,7
pH	s.u.															
Kiintoaine	mg/L	3	25	78	1730	30	1323	48	69	28	465	11	237	374	74,4	
Ammonium	mg/L	0,101	1	0,172	0,911	0,03	0,039	0,02	0,016	0,003	0,01	0,018	0,011	0,038	0,047	
Nitraatti-N	mg/L	0,279	20	0,0065	0,005	0,0077	0,0141	0,0075	0,0267	0,0151	0,0309	0,0323	0,0318			
Kloridi	mg/L	3	150	0,58	1,06	1,12	0,93	4,08	0,72	1,23	0,87	2,04	0,6	14,1	4,08	
Sulfaatti	mg/L	89	159	2	18	2	8	7	1	20	2	9	2	2622	210	
Rauta	mg/L	0,92	4,07	0,197	2,583	0,303	0,822	0,105	0,087	1,676	0,017	0,002	0,006	394	2,2	
Alumiini	mg/L	0,05	0,1	0,139	3,86	0,141	0,303	0,0418	0,0309	0,121	0,003	0,0041	0,0019	0,114	0,001	
Arseeni	mg/L	0,0012	0,005	<0,00005	0,0014	<0,00005	0,0003	0,0001	0,0003	0,0005	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	
Kadmium	mg/L	0,00001	0,00008	<0,000005	0,00006	<0,000005	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	<0,000005	<0,000005	0,00001	0,00001	
Koboltti	mg/L	0,002	0,004	0,001	0,0048	0,0031	0,0018	0,0018	0,0003	0,0019	0,0018	0,0004	<0,00005	0,554	0,002	
Kromi	mg/L	0,0003	0,001	0,0005	0,0055	0,0009	0,0009	0,0005	0,0003	0,0012	0,0006	0,0004	0,0001	0,0004	0,0001	
Kupari	mg/L	0,0048	0,005	0,0103	0,0132	0,0045	0,0015	0,0006	0,0015	0,0008	0,0002	0,0006	0,0004	0,001	0,001	
Mangaani	mg/L	0,294	0,7	0,127	0,167	0,511	0,4	0,269	0,176	0,171	0,219	0,0055	0,0207	45,5	0,73	
Molybdeeni	mg/L	0,0002	1	0,0001	0,0016	0,0011	0,0011	0,0006	0,0015	0,0007	0,0001	0,0003	0,0014	0,0015	0,0003	
Nikkeli	mg/L	0,007	0,02	0,002	0,0102	0,0081	0,0022	0,0019	0,0017	0,0024	0,0022	0,0012	0,0002	0,133	0,004	
Lyijy	mg/L	0,0001	0,0072	0,0101	0,0031	0,0195	0,0002	0,0001	0,0001	0,00002	0,00002	0,0001	<0,00002	0,00017	0,00004	
Sinkki	mg/L	0,002	0,03	0,0133	0,0086	0,0051	0,001	0,0031	0,0058	0,0026	0,0007	0,0019	<0,0005	0,0395	0,0133	
Uraani	mg/L	0,0004	0,015	0,0001	0,0007	0,0002	0,0004	0,00003	0,0002	0,0007	0,00004	0,0001	0,0004	0,0129	0,0011	

Huom: Näytetunnuksissa käytetty laboratorioikodeja, joissa ei ole mukana RAU12- liitetä ja sulkumerkkejä, eli HYD01D = RAU12HYD01(D);
Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

Taulukko 6-53: Rautuvaaran alueen pohjaveden muut vedenlaatuomuttajat verrattuna havaintopaikan FS15 vedenlaadun tavoitearvoihin.

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS15		HYD01		HYD02		HYD03			HYD04		HYD05		HYD06		HYD07		HYD08		HYD09		HYD10		HYD11		HYD12		HYD13	
		*TV	*AV	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	
		Näytteiden lkm		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sähköjohtavuus	mS/m	26	41	31,2	34,8	80,3	49,6	184	354	625	10,3	3,4	5,2	23,4	6,14	41,6	35,4	12,6	7,5	17,3	9,66	11,9	5,9	8,2	8	11,3	13,5	25	34,3	
Kalsium	mg/L	25	46	32,7	37,9	114,8	60,1	259	383	513	7,7	3,7	5,3	13,2	5,77	55,9	43,2	7,5	8	21,7	8,29	13,9	5,5	8,6	7,3	11,9	16,5	18,5	11	
Kalium	mg/L	3	4,9	4,9	3	4,9	5	12	35	67	2,1	0,8	1,3	2,4	1,1	4,7	2,9	1,8	0,9	3,2	1,6	0,4	1,3	1,9	1,7	3,4	3,8	3,1	2,3	
Magnesium	mg/L	10	17	12	14	32	13	90	267	587	1,7	0,6	1,7	4,2	2,6	12	14	2,8	2,9	4,7	3,3	3,4	2	2,3	2,6	3,1	2,8	3,7	3,2	
Natrium	mg/L	5,3	9,1	7,3	8,6	7,3	5,1	20	31	33	9,5	1,5	2	29	3,6	6,3	5,9	18	3,1	4,9	4,6	6,4	3,5	4,1	4	3,8	5,7	25	55	
Rikki	mg/L	29	53	39	43	128	63	369	763	1725	5,3	0,8	1,6	12	1	30	18	6,4	0,5	1,6	2,8	4,7	0,7	2,9	3,2	6,8	8,9	14	13	
Pii	mg/L	4	11	6,2	7,8	9,9	9	13	14	21	4,1	3,7	6,9	7,4	10	8,4	17	11	11	14	13	11	6,7	8,1	7,7	7	6,2	4,1	4,8	
Barium	mg/L	0,01	0,014	0,063	0,05	0,018	0,023	0,033	0,044	0,016	0,029	0,008	0,009	0,001	0,011	0,038	0,062	0,016	0,011	0,024	0,019	0,008	0,008	0,012	0,019	0,015	0,054	0,034	0,024	
Strontium	mg/L	0,07	0,112	0,158	0,188	0,402	0,211	0,665	0,032	1,895	0,032	0,022	0,017	0,003	0,021	0,049	0,178	0,042	0,046	0,056	0,031	0,041	0,023	0,032	0,03	0,064	0,048	0,093	0,064	

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS15		HYD14		HYD15		HYD16		HYD17		HYD18		HYD19		HYD20		HYD22		HYD23		HYD24		Putki 1	Putki 2	Putki 1	Putki 2	Putki 1	Putki 2
		*TV	*AV	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	Syvä	Matala	GTK	GTK	GTK	GTK	GTK	GTK
		Näytteiden lkm		1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	3	4	3	4	2	2
Sähköjohtavuus	mS/m	26	41	12,8	3,9	64,7	8,4	6,1	3,6	10,8	8,2	25,5	7,02	3,2	16,5	9,5	19,3	8,3	4,7	20,7	6,7	10,2	4,2	1118	2135	1118	2135	605	605
Kalsium	mg/L	25	46	16,2	3,2	98,1	8,6	4,8	3,2	8,2	7,1	13,5	8,77	2,6	5,8	11,9	12,8	6,8	3,5	15,3	5,7	11,2	3,8	253	278	253	278	71,8	71,8
Kalium	mg/L	3	4,9	1,9	1,2	5,2	1,2	1,3	0,8	2,2	2,8	4,3	2,7	0,7	1,9	2,2	2,5	1,3	0,9	2,4	1,1	1,1	0,6	16,8	31,6	16,8	31,6	10,1	10,1
Magnesium	mg/L	10	17	2,8	1,2	16	2,7	1,4	1,1	4	4,3	5,8	3,1	0,8	1,9	2,6	3,8	2,3	1,3	3,9	2,2	3,2	1,2	55,4	226	55,4	226	23,2	23,2
Natrium	mg/L	5,3	9,1	4	1,9	8,7	3,8	3,1	1,9	5,8	5,1	25	5,6	2	30	3,8	24	6,6	2,9	18,8	3,8	4,5	2,2	11,9	18,5	11,9	18,5	10,8	10,8
Rikki	mg/L	29	53	7,4	1,4	84	1,8	2	0,8	6,7	5,2	21	10	0,7	5,4	0,6	2,4	2	0,5	7,1	0,7	2,8	0,8	324	821	324	821	67,9	67,9
Pii	mg/L	4	11	6,1	5,6	12	11	8	6	11	12	6,6	4,7	3,1	8,2	5,2	10	8,3	8,6	12	11	6,5	7,7	11,2	16,3	11,2	16,3	17	17
Barium	mg/L	0,01	0,014	0,028	0,016	0,034	0,016	0,016	0,012	0,015	0,018	0,038	0,031	0,01	0,036	0,019	0,029	0,058	0,014	0,132	0,166	0,024	0,015	0,017	0,012	0,017	0,012	0,011	0,011
Strontium	mg/L	0,07	0,112	0,034	0,011	0,204	0,034	0,014	0,011	0,03	0,034	0,065	0,057	0,014	0,031	0,044	0,061	0,038	0,038	0,072	0,044	0,028	0,036	0,407	0,498	0,407	0,498	0,26	0,26

Huom: Näytetunnuksissa käytetyt laboratorikoodit, joissa ei ole mukana RAU12- liitetä ja sulkumerkkejä, eli HYD01D = RAU12HYD01(D);

Vihreällä varjostetut arvot ylittävät kynnyksarvot TV. Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat AV.

Vedenlaatu: Nykyisten sivukivialueen WRD ja rikastushiekka-alueen TMF suotovedet

Vuoden 2012 kenttätöiden aikana kaivettiin Rautuvaaran olemassa oleville läjitysalueelle ja sivukivialueelle koekuoppia. Näistä koekuopista otettiin näiden kohteiden huokosvettä edustavia vesinäytteitä. Näytteitä otettiin myös sivukivialueen ja rikastushiekka-alueen viettopaikkojen havaituilta suotoalueilta, ja näihin viitataan tässä jaksossa pintasuotautumisena. (Valokuva 6-8).



Valokuva 6-8: Rautuvaaran nykyisen rikastushiekka-alueen pintasuotautumista

Taulukossa 6-54 ja Taulukossa 6-55 esitetään Rautuvaaran nykyisen sivukivialueen ja rikastushiekka-alueen koekaivauksista kerättyjen suotovesinäytteiden analyysitulokset (ks. sijainnit kuva 5.7). Myös pintasuotovesien tulokset esitetään.

Odotetusti nykyisten sivukivialueen ja rikastushiekka-alueen kaikkien koekaivantojen tulokset osoittivat kohonneita pitoisuuksia verrattuna Niesajoen vedenlaadun tavoitearvoihin. Korkein sulfaattipitoisuus, 10.500 mg/L, analysoitiin kuopasta TP6 rikastushiekka-alueen pohjoispenkasta (vedenlaadun tavoitteiden hälytysraja on 159 mg/L). Rikastushiekka-alueen matalien kairausreikien pitoisuuksien olettaisi olevan samalla tasolla kuin kohteen koekaivannoissa, mutta kaikkien koekaivantojen näytteiden pitoisuudet olivat huomattavasti korkeampia. Tämä viittaa siihen, että kairausvedet mahdollisesti laimensivat matalien kairausreikien näytteitä, ja että nämä erittäin hienorakeisen rikastushiekan sijaitsevat kaivot täyttyvät hitaasti.

Sivukivialueen ja rikastushiekka-alueen pohjoisimman osan koekaivantojen vesi ja pintasuotovedet ovat vallitsevasti happamia tai kohtalaisen happamia. Ilmoitettu minimi-pH 2,9 on pintasuotopaikasta SWS02, joka sijaitsee rikastushiekka-alueen pohjoisreunassa. Hienon rikastushiekan alueella sijaitsevien molempien koekaivantojen TP7 ja TP8 näytteiden

pH oli sirkumneutraali osoittaen selvästi erilaisia olosuhteita verrattuna muihin rikastushiekka-alueen koekaivantoihin.

Taulukko 6-54: Keskeisten vedenlaatumuuttujien pitoisuudet sivukivialueen ja rikastushiekka-alueen koekaivannoissa ja pintasuotautumispaikoissa verrattuna havaintopaikan FS15 vedenlaadun tavoitearvoihin WQO

TMF Pintasuotovesi				WRD Pintasuotovesi				WRD Koekaivanto				TMF Koekaivanto			
Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS15		SWS01	SWS02	SWS04	SWS05	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7	TP8	
		*TV	*AV												
		Näytteiden lkm		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	s.u.	<6,7 tai >7,0	<6,0 tai >9,0	3,6	2,9	6,3	4,0	3,9	5,5	3,6	3,1	5,8	7,7	8,0	
Kloridi	mg/L	3,0	150	1,37	9,06	1,64	1,92	2,12	2,04	2,43	4,59	24,15	7,68	8,04	
Sulfaatti	mg/L	89	159	148	1641	186	355	401	588	573	1660	10500	5409	464	
Rauta	mg/L	0,92	4,07	6,13	80,85	0,056	0,295	7,726	38,4	5,494	13,97	365	0,173	0,024	
Alumiini	mg/L	0,050	0,1	3,96	11,95	0,0161	7,74	6,44	2,09	15,36	50,85	1,02	0,0346	0,0114	
Arseeni	mg/L	0,0012	0,0050	0,0029	0,0027	0,0034	0,0031	0,0046	0,0013	0,0007	0,0029	0,0094	0,0170	0,0250	
Kadmium	mg/L	0,00001	0,00008	0,0003	0,0005	<0,000005	0,0003	0,00024	0,00042	0,00027	0,00014	0,0014	0,00002	0,00004	
Koboltti	mg/L	0,002	0,004	0,385	1,580	0,0024	0,0965	0,291	0,124	0,265	0,384	1,260	0,0136	0,0020	
Kromi	mg/L	0,0003	0,001	0,0011	0,0012	0,0001	0,0007	0,0030	0,0007	0,0083	0,0672	0,0041	0,0003	0,0001	
Kupari	mg/L	0,0048	0,005	0,558	1,380	0,0101	0,335	1,94	0,989	1,81	4,14	0,0633	0,0036	0,0044	
Elohopea	mg/L	0,000002	0,00005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	
Mangaani	mg/L	0,294	0,70	7,72	32,75	0,0332	0,690	1,63	2,35	1,12	1,57	76,91	1,155	0,084	
Molybdeeni	mg/L	0,0002	1	0,0003	0,0010	0,0001	<0,000005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0044	0,0201	0,0810	
Nikkeli	mg/L	0,007	0,02	0,154	0,448	0,0066	0,168	0,275	0,239	0,323	0,498	0,904	0,0638	0,0209	
Lyijy	mg/L	0,0001	0,0072	0,0003	0,0002	<0,000002	0,0020	0,0003	0,0006	0,0001	0,0001	0,0031	0,0001	0,00003	
Sinkki	mg/L	0,002	0,03	0,116	0,236	0,0032	0,186	0,149	0,148	0,134	0,0779	0,2310	0,0093	0,0018	
Uraani	mg/L	0,0004	0,015	0,0100	0,0622	0,0002	0,0292	0,0043	0,0169	0,0105	0,0413	0,1150	0,2290	0,0128	

Huom; Vihreällä varjostetut ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut ylittävät hälytysrajat AV.

Taulukko 6-55: Muiden vedenlaatumuuttujien pitoisuudet sivukivialueen ja rikastushiekka-alueen koeikaannoissa ja pintasuotautumispaikoissa verrattuna havaintopaikan FS15 vedenlaadun tavoitearvoihin WQO

				TMF		WRD Pintasuotovesi		WRD Koeikaivanto				TMF Koeikaivanto			
Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS15		SWS01	SWS02	SWS04	SWS05	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7	TP8	
		*TV	*AV												
		Näytteiden lkm													
Sähkönjohtavuus	mS/m	26	41												
Kalsium	mg/L	25	46	25,2	239	60,6	87,7	104	150	127	183	456	349	62,1	
Kalium	mg/L	3,0	4,9	2,70	19,4	2,61	8,03	9,65	12,4	5,99	5,35	109	59,1	31,9	
Magnesium	mg/L	10	17	16	129	13	29	22	38	33	62	1104	675	52	
Natrium	mg/L	5,3	9,1	2,9	11	4,3	5,2	4,3	5,4	3,3	5,6	30	48	119	
Rikki	mg/L	29	53	59	473	58	114	123	176	166	325	1947	1054	154	
Pii	mg/L	4	11	8,8	11	4,5	11	16	11	17	29	23	8,1	4,7	
Barium	mg/L	0,010	0,014	0,003	0,011	0,004	0,005	0,004	0,005	0,003	0,006	0,030	0,048	0,119	
Strontium	mg/L	0,070	0,112	0,059	0,473	0,058	0,114	0,123	0,176	0,166	0,325	1,947	1,054	0,154	
Antimoni	mg/L	0,00002	0,00006	0,009	0,011	0,005	0,011	0,016	0,011	0,017	0,029	0,023	0,008	0,005	

Huom; Vihreällä varjostetut ylittävät kynnysarvot TV. Oranssilla varjostetut ylittävät hälytysrajat AV.

6.4.3 Pohjaveden käyttö

Hankealueen läheisyydessä:

- Yksi luokan II pohjavesialue sijaitsee olemassa olevasta rikastushiekka-alueesta TMF pohjoiseen. Alue leikkaan Kylmäojan noin 1.5 km rikastushiekka-alueesta alavirtaan;
- Neljä luokan III pohjavesialuetta sijaitsee Hannukaisen kaivosalueen välittömässä läheisyydessä, kaksi ulottuu osittain suunnitellun Hannukaisen louhoksen alueelle; ja
- Viisi luokan III pohjavesialuetta sijaitsee Niesajoen varressa nykyiseltä rikastushiekka-alueelta alavirtaan. Osa yhdestä alueesta (Kurtakko (12273128)) sijaitsee Eteläaltaan alapuolella.

Hannukaisessa on kolme yksityistä kaivoa, jotka hyödyntävät III-luokan pohjavesimuodostumaa. Muuten pohjavesiä ei käytetä talousvetenä (Pöyry, 2008).

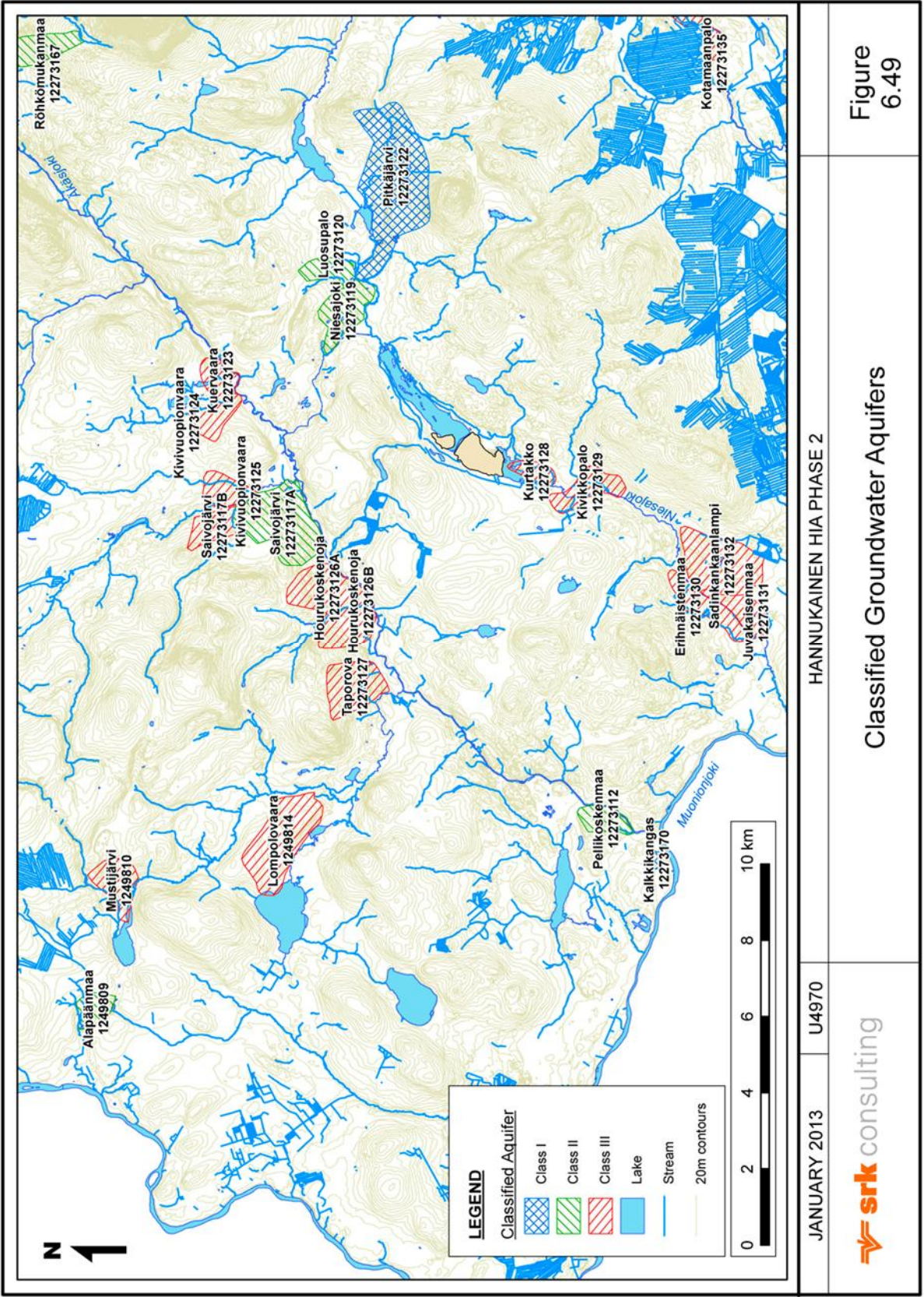
Yhteenveto hankealueen läheisyydessä sijaitsevista luokitelluista pohjavesialueista on esitetty taulukossa 6-56 ja kuvassa 6-49.

Taulukko 6-56: Suunnitellun Rautuvaaran rikastushiekka-alueelta alavirtaan sijaitsevat pohjavesialueet

Pohjavesialueen nimi	ID	Luokka	Sijainti	Pinta-ala (km ²)
Niesajoki	12273119	II	Kylmäojan valuma-alue	1.480
Kuervaara	12273123	III	Hannukaisen louhos	785.225
Kivivuopionvaara	12273124	III	Sivukivialue WRD W(OB)	871.690
Kivivuopionvaara	12273125	III	Selkeytysaltaalta alavirtaan	921.480
Kurtakko	12273128	III	Eteläallas	515
Kivikkopalo	12273129	III	Niesajoki, keskiosa	1.135
Erihnäistenmaa	12273130	III	Niesajoki, alaosa	1.260
Juvakaisenmaa	12273131	III	Niesajoki, alaosa	960
Sadinkankaanlampi	12273132	III	Niesajoki, alaosa	2.705
Saivojärvi	12273117A	II	Saivojärven alla	3.179.440
Saivojärvi	12273117B	III	Valkeajoen länsipuoli	894.435

Äkäslompolan ja Ylläsjärven alueella on useita käytössä olevia vedenottamoita. Lähimmät ovat Revonkanto-oja ja Aavahelukka, 5 km ja 2,5 km Hannukaisesta, tässä järjestyksessä. Kumpaankaan ei ole hydraulista yhteyttä Hannukaisen alueelta (Pöyry, 2008).

Kuva 6-49: Luokitellut pohjavesialueet



6.4.4 Käsitteellinen hydrogeologinen malli

Pohjavesi on ensisijainen reitti potentiaalisten päästölähteiden ja reseptoreiden välillä (kuvattu tarkemmin luvussa 3), ja siksi on tärkeää kehittää hydrogeologisen virtausjärjestelmän käsitteellinen malli, joka sisältää pohjavesien ja pintavesien välisen vuorovaikutuksen.

Hannukainen

Hannukaisen käsitteellinen hydrogeologinen malli laadittiin avolouhoksen vesienhallintaselvityksen aikana (SRK, 2012a).

Maaperä

Suurimmassa osassa aluetta on maapeite. Se koostuu pääosin hiekasta, lisäksi on jonkin verran silttiä ja soraa, ja keskimääräinen vedenjohtavuus on 0.18 m/d (SRK, 2012a). GPR:n perusteella maanpeitteen paksuus alueella on 0 – 45 m. Yleensä maaperän paksuus on 10 – 20 m, paksuimpien sedimenttien ollessa hautautuneiden laaksojen yhteydessä (Moreau and Koivisto, 2012). Näistä ominaisuuksista kerrotaan tarkemmin jaksossa 3.2.2.

Pohjaveden seuranta osoittaa, että pohjaveden taso on yleensä 5 -10 mmpa mikä tarkoittaa, että maaperän ylimmät osat eivät ole kyllästyneitä. Maaperän akvifereja pidetään yleisesti ottaen vapaapintaisina (SRK, 2012a). Orsivesialueita tunnistettiin ylemmistä osista Helsingin yliopiston maatutkaselvityksissä (Moreau and Koivisto, 2012) (3.2.2).

Muutamassa kairausreiässä havaitut arteesiset olosuhteet viittaavat siihen, että maanperä voi toimia paikallisesti osin rajoittavana kerroksena (SRK, 2012a). Tämä vastaa maatutkaselvityksessä havaittuja epäjatkuvuuksia, jotka yliopiston selvityksen tulkinnan mukaan johtuvat paikallisti paineellisista olosuhteista (Moreau and Koivisto, 2012) (3.2.2).

Kallioperä

Kallioperä on jaettu kolmeen yksikköön; jalkapuoli, kattopuoli ja Hannukaisen hiertovyöhyke (HTZ).

Kallioperän rapautuminen on yleensä rajoittunut kallioprofiilin yläosaan 10 m:n. Pohjaveden virtauksen kallioperässä arvioidaan rajoittuvan avoimiin, toisiinsa yhteydessä oleviin rakoihin, ja siksi sitä säätelisi ensisijaisesti rakoverkosto eikä huokosvirtaus. Geoteknisissä kairausraporteissa havaittujen halkeilevien, murskautuneiden ja murtuneiden vyöhykkeiden osoittamia erillisiä murroksia on havaittu esiintyvän kautta koko kallioprofiilin.

Hannukaisessa ja Kuervitikossa vaikuttaa olevan selvästi erilaiset rakenteelliset tekijät:

- Hannukainen – Kattopuolen ja jalkapuolen malmioita erottaa matala kaatuva hiertovyöhyke, joka sijaitsee suunnitellun louhoksen itäreunalla. Kiven laatu on yleensä hyvä (ka RQD = 90 %). Koko alueen läpäisevä kaakkoon nouseva voimakas subhorizontaalinen liuskeisuusvyöhyke toimii ensisijaisena horisontaalisena virtausreitinä. Toinen subvertikaalinen luoteis-kaakkoissuuntainen halkeamaryhmä esiintyy vain kattopuolella ja vähentää tämän yksikön vertikaalista anisotropiaa.
- Pumppaustestien perusteella vedenjohtavuus on 0,01 – 0,5 m/d ja kallioperän ominaispidättyvyys E-04. Kairausreikien virtauksen Spinner-testit osoittavat, että potentiaalisia vettä johtavia rakoja esiintyy syvällä jalkapuolella (SRK, 2012a).

- Kuervitikko – Keskimääräinen RQD (74%) ja rakojen isosurfaces osoittavat, että kallioperä on rikkonaisempaa Kuervitikossa kuin Hannukaisessa. Suuremman murroksisuuden arvellaan olevan seurausta Hannukaisen hiertovyöhykkeen HTZ läheisyydestä, joka on paikallisesti siirtynyt kahden sivusiirroksen työntämänä. Tätä suuremman rakenteellisen rikkonaisuuden vyöhykettä kutsutaan HTZ-yksiköksi. Sen uskotaan jatkuvan HZT:stä itään kohti siirrosta, jota ilmentää pohjois-eteläsuuntainen laakso, ja länteen saman etäisyyden verran.
- Pumpaustestien perusteella ylemmän kallioperän vedenjohtavuus on noin 0,2 – 1,2 m/d ja ominaispidätyvyys noin E-05. Hannukaiseen nähden korkeampi vedenjohtavuus Kuervitikossa johtuu alueella havaitusta suuremmasta rakenteellisesta rikkonaisuudesta.

Rautuvaara

Maaperä

Suurin osa alueesta on maapeitteistä. Maaperä koostuu hiekasta sekä jossain määrin siltistä ja savesta, ja sen keskimääräinen hydraulinen johtavuus on 3 m/d, 25 to 75 prosenttipisteenn vaihteluvälin ollessa 0,7 – 4 m/d.

Nykyisten rikastushiekka-alueiden ja niiden yhteydessä olevien altaiden kohdalla täytön alla on turvekerros, jonka läpäisevyys on pieni (GTK, 2010a). Turvekerros ei ulotu koko rikastushiekka-alueelle; GTK (2010a) on raportoinut, että se puuttuu olemassa olevan rikastushiekka-altaan koillis- ja luoteisosista.

Turvekerrostuma on havaittu SRK:n hydrogeologisten kenttätöiden aikana havaintopaikalta RAU12HYD03, muttei kairausraporteista RAU12HYD06 tai RAU12HYD07. Tämä saattaa johtua pikemminkin puutteellisesta geologisesta raportoinnista kuin turvekerrostuman puuttumisesta näillä paikoilla. Turvekerrostuma havaittiin myös järvisedimenteistä geoteknisen kairausohjelman aikana (Pöyry, pers. comm.).

GTK (2010a) raportoi, että puristunut turve muodostaa ”läpäisemättömän” pohjan olemassa olevien rikastushiekkojen alle. Kuitenkin vedenlaatutulokset turvekerroksen ylä- ja alapuolelta otetuista vesinäytteistä osoittavat, että vaikka kallioperässä vedenlaatu on huomattavasti parempi kuin rikastushiekan huokosvedessä, suotovesiä pääsee silti rapautuneeseen kallioperään tukien havaintoa, että turvekerros ei ole kattava. Se voi myös tarkoittaa, että turve ei aina toimi täysin läpäisemättömänä esteenä rikastushiekan suotamiselle.

Kairausraportit osoittavat, että maaperän paksuus vaihtelee välillä 3 – 46 m. Maaperä on yleensä paksuin kukkuloilla ohentuen kohti notkelmien pohjia. Helsingin yliopisto on havainnut GPR-aineiston perusteella alueelta paleokanavia, mutta aineiston käsittely on vielä kesken, joten niiden sijaintia ei vielä ole määritetty.

Pohjavesien tarkkailutulokset viittaavat siihen, että pohjaveden pinta maaperässä on yleensä välillä 0,5 mmpa ja 5 mmpa (suunnilleen 25-75 prosenttipisteen haarukassa). Alueella on myös orsivesiä, erityisesti rinteiden yläosissa. Joissain kairausrei’issä havaitut artesiset olosuhteet viittaavat siihen, että maanpeite toimisi paikallisesti osittain rajoittavana kerroksena, tai vaihtoehtoisesti joissakin kairausrei’issä on ylöspäin suuntautuva hydraulinen gradientti, mikä on seurausta pohjaveden liikkumisesta ylöspäin pintavesijärjestelmään järviin, jokiin ja kosteikkoalueille tulevana pohjavirtauksena.

Kallioperä

Kallioperä koostuu metavulkaniiteista, metasedimenteistä, dioritista, montsoniitista ja graniittisista kivilajeista sekä joistain savisista maannoskerroksista, jotka on todettu kairanreikäraporteissa. Pohjaveden virtauksien kallioperässä arvioidaan rajoittuvan avoimiin toisiinsa liittyviin rakoihin, minkä vuoksi pohjaveden virtausta määrää pääasiassa rakovirtaus, eikä huokosvirtaus. Kallioprofiilin murrokset tunnistettiin erillisistä vyöhykkeistä, joissa sisään virtaus ja läpäisevyys olivat korkeita.

Hydraulisten testien perusteella suurimmassa osassa aluetta kallioperän ylin 20 m on rapautunutta. Rapautuneen kallioperän keskimääräinen hydraulinen johtavuus on noin 1 m/d ($2E-04$ m/d – 10 m/d), 25 ja 75 prosenttipisteiden välin ollessa 0,05 – 0,4 m/d. Kahdessa paikassa arvioitu vedenjohtavuus on kertaluokkaa matalampi ($4E-03$ m/d) kuin keskimäärin, ja kahdella kaivolla edelleen kertaluokkaa alhaisempi ($2E-04$ m/d), viitaten siihen, että kallioperä on ”tiukempaa” näillä paikoilla, eikä vettä johtavia rakoja esiinny. Vedenjohtavuuden ja kallioperägeologian tai kaivojen sijainnin välillä ei näytä olevan korrelaatiota. Paikallinen hydraulisten ominaisuuksien vaihtelu on tyyppillistä rakoilleessa kallioympäristössä.

Rautuvaaran hydrogeologinen kairausohjelma on kohdistettu kallioperän yläpintaan 20 metriin, jonka on arvioitu olevan rapautunutta. Tätä syvemmältä (> 20 m) ei ole tietoa, jolla voitaisiin karakterisoida kallioperää syvemmältä tai vahvistaa tässä aiemmin mainitut oletukset. Syvällä sijaitsevan rapautumattoman akviferin saavuttamiseksi tarvitaan lisäkairauksia, jotta tämä osa hydrogeologista järjestelmää voitaisiin karakterisoida.

Pohjavesitarkkailun perusteella pohjavedenpinta kallioperässä on yleensä välillä 0,1 mmpa ja 7 mmpa (väli suunnilleen 25:stä 75:een prosenttipisteeseen). Yleensä pietsometreillä mitattu kairauksen jälkeinen staattinen pohjavesipinnantasoli lähempänä maanpintaa kuin havaittu veden alkukorkeus, minkä perusteella veden pinta kairausreiässä oli noussut. Tästä oli kaksi poikkeusta, kairauspaikassa RAU12HYD19 pohjaveden pinnan muutoksia ei havaittu kairauksen aikana, ja kairauspaikassa RAU12HYD23 staattinen pohjavedenpinnantasoli matalampi kuin mitattu alkutaso.

Alueella todettiin artesiset olosuhteet mukaan lukien yksi lirikaivo (RAU12HYD24), mikä viittaa siihen, että alueella sijaitseva syvä akviferi voi olla paikallisesti paineellinen. Pääosin kallioperän akviferi vaikuttaa kuitenkin olevan paineeton ja hydraulisessa yhteydessä matalaan maaperän akviferiin.

Pohjaveden muodostuminen

Hannukaisen ja Rautuvaaran alueella pohjavesiä muodostuu pääasiassa sadevesien suodautumisen kautta. Pohjavesiä muodostuu hankealueella arviolta noin 74 mm/vuosi (SRK, 2011). Koska pohjavesi alueella esiintyy yleensä vapaana ja maaperässä on vain vähän vertikaalista anisotropiaa, vesi voi suodattua vertikaalisesti alaspäin pohjaveteen saakka (SRK, 2012a).

Pohja- ja pintavesien vuorovaikutus

Välittömästi suunnitellun Hannukaisen louhoksen eteläpuolelle Äkäsjoen pohjaan sijoitettujen väliaikaisten pietsometriä mittausten perusteella pohjavesi tulee Äkäsjokeen pohjavirtauksena. Äkäsjokesta otettujen vesinäytteiden ja jokiäyryästä otettujen sedimenttinäytteiden isotooppianalyysit osoittavat myös, että pohjavesi ja pintavesi

sekoittuvat (Nurminen et al. 2011).

Lisäksi Helsingin yliopiston Rautuvaarassa tekemien lämpökuvausten alustavien tulosten mukaan pohjavesi purkautuu paikalliseen jokisysteemiin pohjavirtauksena. Alueella sijaitsevat lähteet ja kosteikot viittaavat myös pohjavesien purkautumiseen pinnalle.

Yleisesti ottaen pohjaveden pinta vaikuttaa heijastavan topografiaa. Pohjavedet virtaavat ylemmiltä alueilta gradientin suuntaisesti kohden jokilaaksoja ja purkautuvat paikallisiin jokiin, lampiin ja kosteikkoihin.

7 HANKEKUVAUS

Hankkeen infrastruktuurin pohja ja kaivosalueen vesitase on kuvailtu alla, tarvittaessa korostaen mahdollisia vaikutuksia.

7.1 Alueen pohjapiirustus

Koko Hannukaisen hankkeen ehdotettu pohjapiirustus näytetään Kuvassa 4-1.

7.1.1 Avolouhokset

Louhinta Hannukaisessa tulee tapahtumaan kahdesta avolouhoksesta, Hannukainen etelässä ja Kuervitikko pohjoisessa:

- Louhinta aloitetaan Hannukaisessa vuoden 2014 kolmannella neljänneksellä ja jatkuu 21 vuotta vuoteen 2034. Alkuun louhittu materiaali on lähinnä jätettä (eli pintamaanpoistovaihe); malmintuotanto alkaa vuoden 2016 viimeisellä neljänneksellä tarkoittaen 19 vuotta tuotantoa, jonka aikana rikastushiekat sijoitetaan Rautuvaaran rikastushiekka-altaaseen. Huomioi, että tässä raportissa esimaanpoistovaiheella tarkoitetaan vuotta -1 vuoteen 0, ja toimintavaiheella tarkoitetaan vuodesta 1 vuoteen 19; ja
- Kuervitikossa louhinta alkaa vuoden 2028 ensimmäisellä neljänneksellä ja jatkuu vuoteen 2034.

Nykyisessä louhossuunnitelmassa Hannukaisen kaivauksilla on neljä louhosta (H1, H2, H3 ja H4) ja Kuervitikossa kolme (K1, K2 ja K3), näytetään kuvassa 7-1.

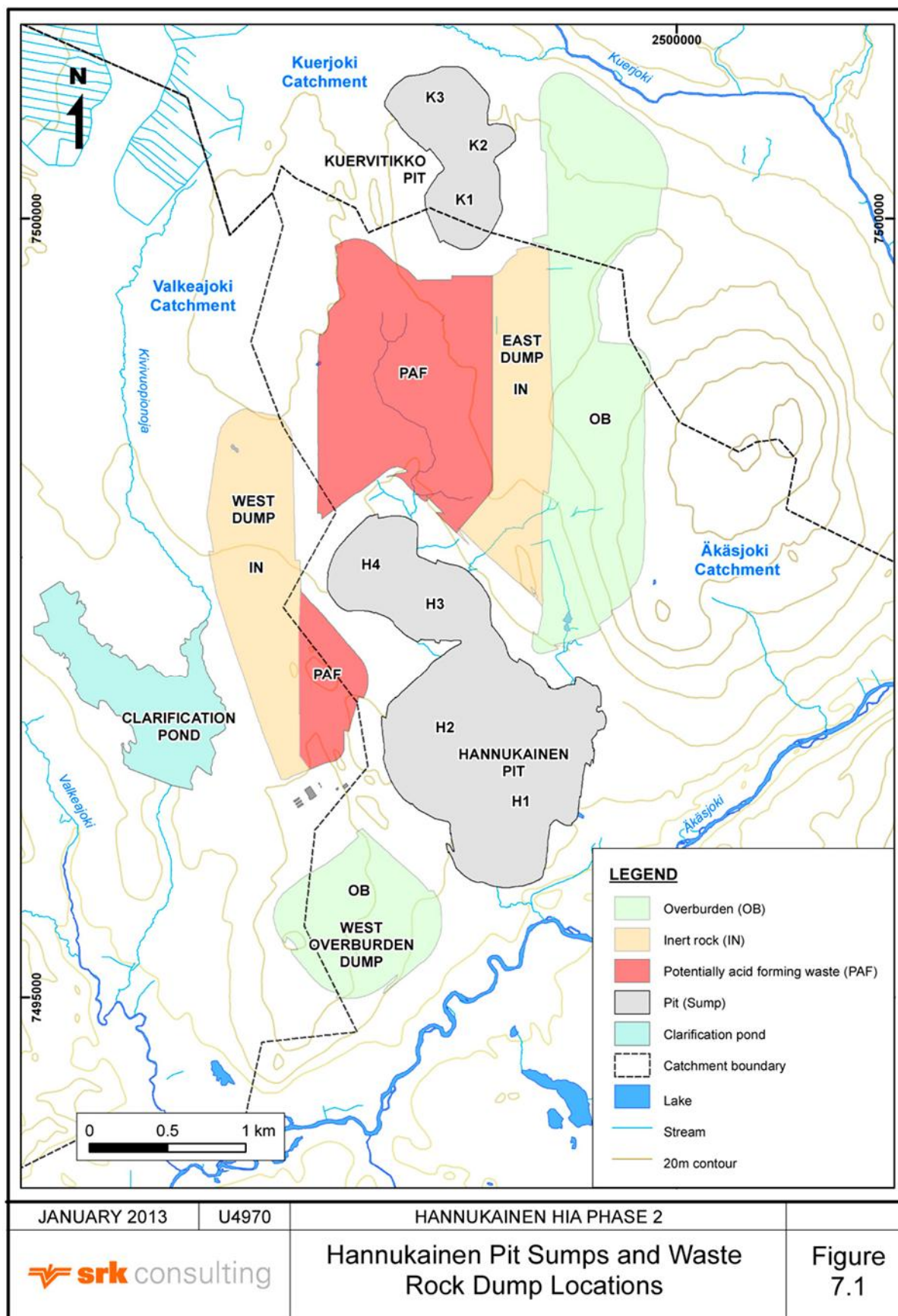
Alustavat työt sisältää nykyisten Laurinojan ja Kuervaaran louhosjärvien tyhjentämisen. Louhosjärvistä pumpattu vesi lasketaan laskeutusaltaan ja suoalueen kautta selkeytysaltaaseen. Tätä vettä käytetään alueen rakentamisessa.

Operatiivisen louhinnan aikana vesi pumpataan louhosten säiliöistä laskeutusaltaisiin ja sitten selkeytysaltaisiin. Vedenpintoja ylläpidetään poistamalla vesi jokaisesta säiliöstä, jotta voidaan varmistaa kuivat työolosuhteet kaivostoinnoille. Tähän liittyvä pohjavesitason aleneminen vaikuttaa louhosta ympäröivään hydrauliseen järjestelmään.

Louhinnan lakkauttamisen aikana louhosten annetaan täyttyä. Hannukaisen HVA:n ensimmäisessä vaiheessa tehty ennakoiva numeerinen mallinnus ennustaa, että louhosten luonnollinen täyttyminen kestää yli 70 vuotta. Tänä aikana louhosveden laatu todennäköisesti heikkenee louhoksen seinämien happoa tuottavien kivien päältä valuvien vesien takia. Tämän takia vaiheessa 2 on ehdotettu että louhokset täytetään keinotekoisesti lakkauttamisen jälkeen, jotta voidaan minimoida aika, minkä mahdollisesti happoa tuottava materiaali on esillä louhoksen seinässä.

Louhokset saavat vettä suorasta sadannasta, pohjavedestä, pintavalunnasta, sivukivien läjitysalueiden vuodoista ja sivukivien läjitysalueiden pintavalunnasta, mikä ohjataan Hannukaisen louhosta kohti vuoto-ojien avulla. Näiden virtaamien lisäksi Hannukaisen selkeytysaltaasta ja läheisistä joista pumpataan vettä louhosten keinotekoiseksi täyttämiseksi.

Kuva 7-1: Hannukaisen louhossäiliöiden ja sivukivien läjitysalueiden sijainnit



7.1.2 Sivukivien läjitysalueet (WRDs)

Sivukivi sijoitetaan kolmeen eri sivukivien läjitysalueeseen; WRD itä (E), WRD länsi (W) ja WRD länsi (irtomaa) (OB). Mahdollisesti happoa muodostava jäte (PAF), reagoimaton kivi (IN), ja irtomaa (OB) sijoitetaan eri osiin kuten näytetty kuvassa 7-1.

Operatiivisen louhinnan aikana mahdollisesti happoa tuottavien jätteiden pintavalunnat kerätään pintavesien kuivatusojiin kasojen juurelta, käsitellään ja pumpataan sitten suoraan selkeytysaltaaseen. Pintavalunnat reagoimattoman kiven ja pintamaakerroksen kasoilta pumpataan suoraan selkeytysaltaaseen (Pöyry, 2012a).

Sivukivien läjitysalueiden alla ei ole mitään pohjakerrosta, eli eristettä, joten vesi voi läpäistä sivukivien läjitysalueen alas pohjavesikerrokseen.

Louhinnan lakkauttamisen aikaan sivukivien läjitysalueet peitetään noin 0.3 metrillä moreenia ja kasvitetaan. Mahdollisesti happoa tuottavien kasojen kohdalla sivukivien läjitysalueen päälle levitetään bentoniitti eriste ennen 0.3 metrin moreenikerroksen laittamista sen päälle (Ramboll, henk.koht. kommentti.).

7.1.3 Selkeytysallas (CP)

Selkeytysallas (kuva 4-1) rakennetaan Kivivuopionojaan ennen operatiivista louhintaa. Toiminnan aikana se vastaanottaa vettä koko kaivosalueelta;

- Valuma sivukivien läjitysalueiden PAF sektorista (käsitellään ennen poistoa);
- Valuma sivukivien läjitysalueiden IN ja OB sektoreista;
- Louhosten kuivatusvesi (käsitellään passiivisesti laskeutusaltaissa ja ilmastus sarjassa ennen poistamista); ja
- Vesi rikastuslaitoksen alueelta (käsitellään passiivisesti laskeutusaltaissa ennen poistamista).

Pöyry on laskenut selkeytysaltaan vedenlaadun ja tarkempia yksityiskohtia Hannukaisen kaivosalueelle ehdotetusta vedenpuhdistusjärjestelmästä saa Pöyryn raportista (2013). Selkeytysaltaan ennakoituja vedenlaatutietoja yhdistettynä selkeytysaltaalta Rautuvaaran etelälampeen pumpatun veden määriin (Pöyry 2012) on käytetty vedenlaadun muuttujien etelälammen geokemiallisen mallinnuksen laskemisessa, kappale 9.8.

Operatiivisen louhinnan aikana selkeytysaltaasta pumpataan vettä rikastushiekka-altaan etelälammelle. (Kappale 7.1.4).

Lakkautettaessa selkeytysallas poistetaan ja sedimentit säilötään Hannukaisen louhokseen.

7.1.4 Rikastushiekka-allas

Rikastushiekat kuljetetaan Hannukaisen murskaajalta Rautuvaaran rikastamolle kuljetushihnaa pitkin, ja myöhemmin rikastushiekka-altaalle putkistoa pitkin. Rikastushiekat säilytetään kahteen erilliseen alueeseen riippuen niiden rikkipitoisuudesta:

- Korkearikkinen rikastushiekka (arviolta 5.7 Mm^3) säilötään täysin tiivistettyyn altaaseen (pohja ja sivut) rikastushiekka-altaan pohjoisessa osassa; ja

- LIMS-magneettierotellut rikastushiekat (arviolta 42.8 Mm³) sijoitetaan suoraan nykyisten rikastushiekkojen päälle.

Ehdotettu rikastushiekka-altaan pohjapiirustus näytetään kuvassa 7-2. On todettava että tällä hetkellä tämän HVA:n rikastushiekka-altaan lopullinen suunnitelma ei ole valmis ja siten Northlandin kanssa on sovittu, että me arvioimme mahdolliset vaikutukset rikastushiekka-altaan suunnitelmaan 'versio 5', mikä on kuvailtuna tässä. Suunnitelmaan on tehty pieniä muutoksia:

- Korkearikkinen alue on nostettu 46:sta ha:sta kuuteenkymmeneen ha:iin: ja
- Pohjoislammen korkeus nostetaan keskimäärin 191,0 mmpy.

Ajan ja rahoituksen rajallisuudesta johtuen ei ollut mahdollista sisällyttää näitä muutoksia, SRK:n mielipide on kuitenkin, että ne ovat riittämättömiä aiheuttamaan merkittäviä muutoksia ennakoituihin vaikutuksiin.

Korkearikkiset rikastushiekat

Pysyäkseen ehdotetussa rakennusaikataulussa Rautuvaarassa korkearikkisten rikastushiekat sijoitetaan aluksi kahteen Rautuvaaran avolouhokseen, jotka sijaitsevat ehdotetusta korkearikkisestä altaasta pohjoiseen. Rikastushiekat sijoitetaan louhoksiin vuoden 2016 toiselta neljännekseltä vuoden 2017 ensimmäiselle neljännekselle, kun sijoittaminen korkearikkiseen rikastushiekka-altaaseen alkaa. (Pöyry, 2012).

Korkearikkiset rikastushiekat jaetaan pyrhotiitti ja pyriitti rikkaisiin rikastushiekkoihin eristetyn altaan itä- ja länsilohkoihin. Rikastushiekat eristetään bentoniitillä ja HDPE-eristeillä. Korkearikkisten rikastushiekkojen vuodon arvioidaan olevan 3mm vuodessa (Nils Eriksson, 2011).

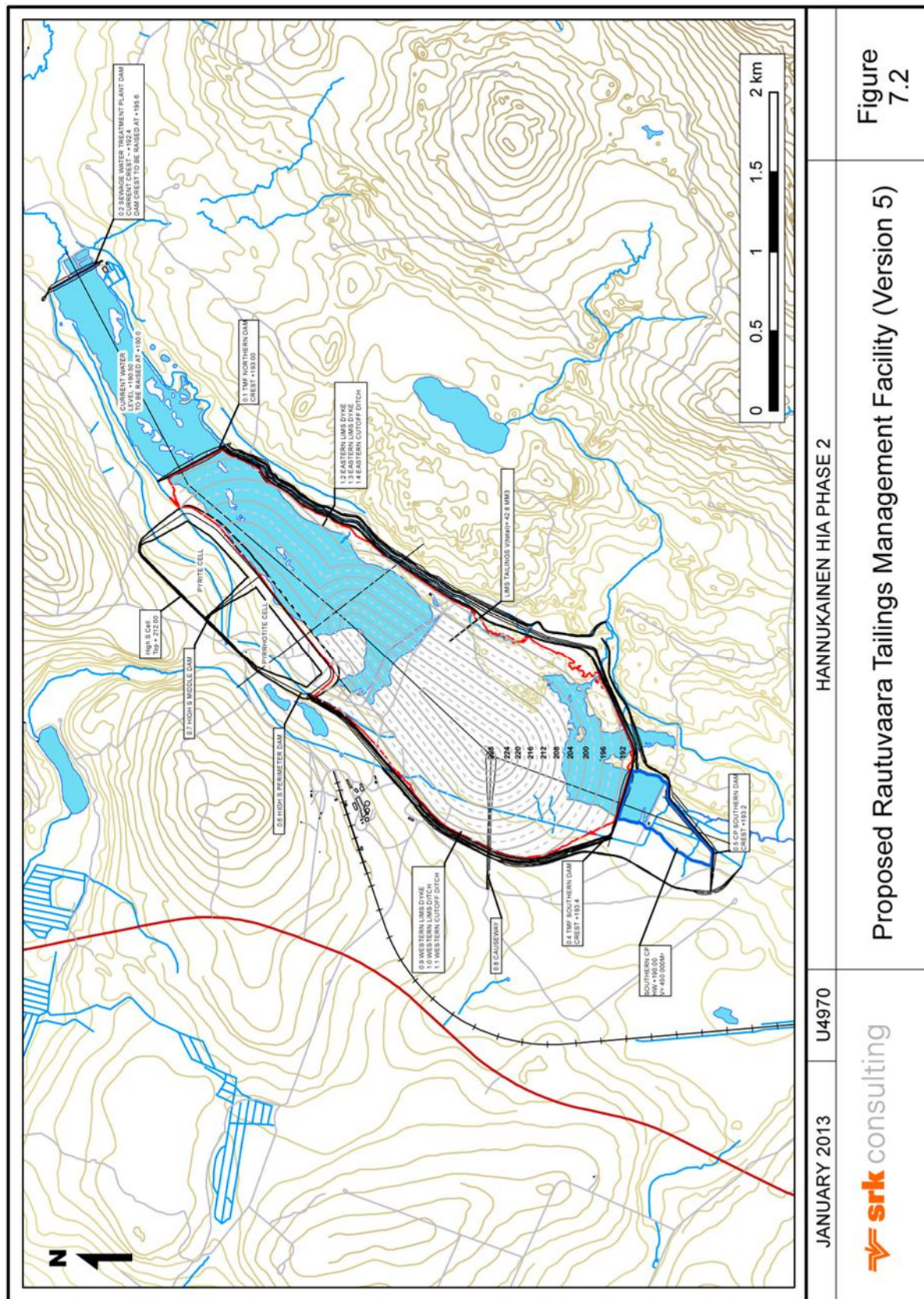
Suoraan eristeen päälle tulee salaojaverkosto ja pintaojaverkosto korkearikkisen alueen juurella. Nämä ojat keräävät suotovedet ja pintavesivirtaamat sekä kuljettavat ne vedenpuhdistuslaitokselle käsittelyyn ennen selkeytysaltaaseen laskemista. Pöyry suunnittelee korkearikkisten suotovesien käsittelyn ja lukijaa kehoitetaan tutustumaan Pöyryn (2013) suunnittelemaan vesienkäsittelyyn tarkempia yksityiskohtia varten.

LIMS-magneettierotellut rikastushiekat

LIMS-magneettierotellut rikastushiekat muodostavat pääosan rikastushiekka-aitaiden materiaaleista. LIMS-magneettieroteltujen rikastushiekkojen varastointi alkaa alueen lounaisosassa vuoden 2022 toisella neljänneksellä. Kaivoksen elinaikana tämä tulee olemaan suurin osa LIMS-magneettieroteltuja rikastushiekkoina. Rikastushiekat varastoidaan suoraan olemassa olevien rikastushiekkojen päälle ja siten järven pohjasedimenttien päälle, jotka muodostavat nykyään pohjois- ja eteläaltaiden pohjat.

Patoja rakennetaan rikastushiekkojen molempiin päihin materiaalin eristämiseksi.

Kuva 7-2: Rautuvaaran Rikastushiekka-allas (Versio 5)



Vesien käsittely

LIMS-magneettierotelluista rikastushiekoista pohjoiseen tulee pohjoisaltaaksi kutsuttu sedimenttien selkeytysallas, jota rajaa nykyinen pato pohjoispäässä ja eteläpäässä LIMS-magneettieroteltuja rikastushiekoja patoava pato. Versiossa 5 lähtökohta tämän altaan nousulle oli 190,5 mmpy, se kuitenkin todennäköisesti nousee 191,0 mmpy seuraavissa rikastushiekka-altaiden suunnitelmissa.

Pintavesien kuivatusoja tulee LIMS-magneettierotellun kasan kaakkoisreunalle keräämään pintavedet ympäröivältä valuma-alueelta, kääntämään vettä pohjoisaltaasta eteläaltaaseen ja ottamaan talteen LIMS-magneettieroteltujen rikastushiekojen suotovedet ja ohjaamaan ne eteläaltaaseen. Tämän kuivatusojan tulisi säilyttää jatkuva veden taso pohjoisaltaassa.

Toinen, eteläaltaaksi kutsuttu selkeytysallas sijoitetaan rikastushiekka-altaista etelään. Se kerää rikastushiekojen suotovedet, yllä kuvatun kuivatusojan laskemat pintavedet, Hannukaisen kaivoksen käsitellyt vedet ja Rautuvaaran vedenkäsittelylaitoksen käsitellyt vedet. Vesi tästä altaasta pumpataan putkea pitkin Muonionjoelle ja päästetään suoraan Muonionjokeen. Suunniteltujen toimintojen aikana ei eteläaltaasta pitäisi olla suoria pintavesien päästöjä Niesajokeen.

Ehdotettu vesien käsittelysuunnitelma välttää kaikkia pintavesien laskemista rikastushiekka-altailta paikalliseen hydrologiseen järjestelmään, ainoa päästö on Muonionjokeen. Osassa 6.4 selostetut pohjavesien korkeuskäyrät viittaavat kuitenkin siihen että hiekka-altaiden pohjoisen ja eteläisen padon läpi tulee suotovettä. On todennäköistä että tämä suotovesi ilmaantuu paikallisiin jokiin. Tämä on määritelty osassa 8.1.1. käyttämällä pohjavesien numeerista mallinnusta.

Sulkeminen

Sulkemisen yhteydessä rikastushiekat muotoillaan luonnollisten pinnanmuotojen antamiseksi ja peitetään sen jälkeen. Korkearikkiset rikastushiekat peitetään HDPE-eristeellä ja suojataan noin metrillä maa-ainesta ja kasvukerrosta. Maa-aines ja kasvukerrokset laitetaan suoraan LIMS-magneettieroteltujen rikastushiekojen päälle. Koko alue kasvitetaan ja sitä tarkkaillaan, jotta voidaan varmistaa että sulkemisstrategia on ollut tehokas hoitamaan mahdolliset negatiiviset ympäristövaikutukset (Ramboll, henk.koht kommentti).

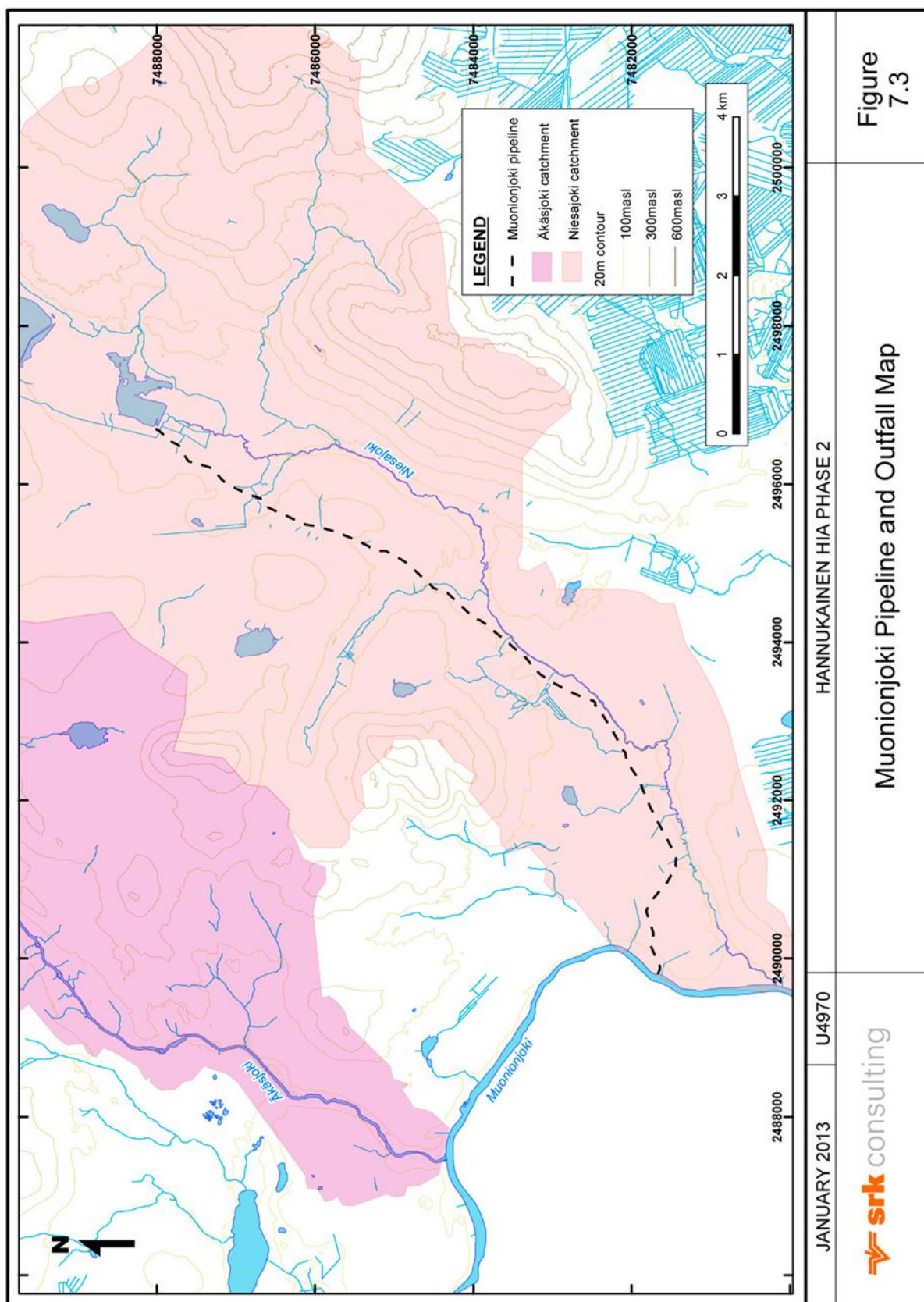
7.1.5 Muonionjoen purkupaikka

Putkisto jatkuu eteläaltaalta Muonionjokeen. Lopullista sijaintia Muonionjoen purkupaikalle ei ole vielä määritelty. Mahdolliset sijainnit on näytetty kuvassa 7-3. Sijaintipaikat arvioidaan kaivos suunnittelun seuraavassa vaiheessa perustuen:

- Joentörmällä olevaan asutukseen;
- Uoman syvyysolosuhteisiin ja törmän geometriaan;
- Kausittaisiin uomavirtaamiin; ja
- Poistoputkiston malliin.

Ehdotetun putken oletetaan olevan noin 600 mm halkaisijaltaan, poistomäärät on annettu taulukossa 9-37, perustuen vesitasetuloksiin Pöyryltä (2012c)

Kuva 7-3: Ehdotetut Muonionjoen purkauspaiikkojen sijainnit



7.2 Hankealueen vesitase

Kuva 7-4 esittää Pöyryn Hannukaisen DFS tutkimuksen (Pöyry, 2012c) aikana tekemän hankkeen vesisuunnitelman yhteenvedon. Kaivoksen ennakoidun vesitaseen, mukaan lukien määrälliset arviot ja ne määritelleet laskelmat, täyttää selostusta varten lukija ohjataan Pöyryn vesitaseraporttiin (Pöyry, 2012c)

Tässä HVA:ssa Pöyryn vesitasetta on käytetty:

- Tunnistamaan mahdolliset vaikutuskohteet ja lähteet (kappale 4.1 and kappale 4.2);
- Arvioimaan mahdolliset vaikutukset vesien virtaamille johtuen valuma-alueiden muutoksista kaivosalueen jalanjäljessä. (kappale 9);
- Arvioimaan poistovesien määrä ja laatu (kappale 0); ja
- Arvioimaan lopettamisvaiheen valumat sivukivien läjitysalueilta Hannukaisen louhosjärveen (kappale 9.7).

7.2.1 Kaivosalueen valuma-alueet

Kaivostoimintojen aikana avolouhosten, sivukivien läjitysalueiden ja muiden kaivosrakenteiden kontaktivesi otetaan talteen ja johdetaan selkeytysaltaaseen ja pumpataan sitten Rautuvaaran eteläaltaaseen. Rikastushiekkojen kontaktivesi ja rikastushiekka-altailta talteen saadut pintavesien virtaamat käsitellään tarvittaessa, kuten on kuvailtu yllä kappaleessa 7.1.4., ja varastoidaan myös eteläaltaaseen.

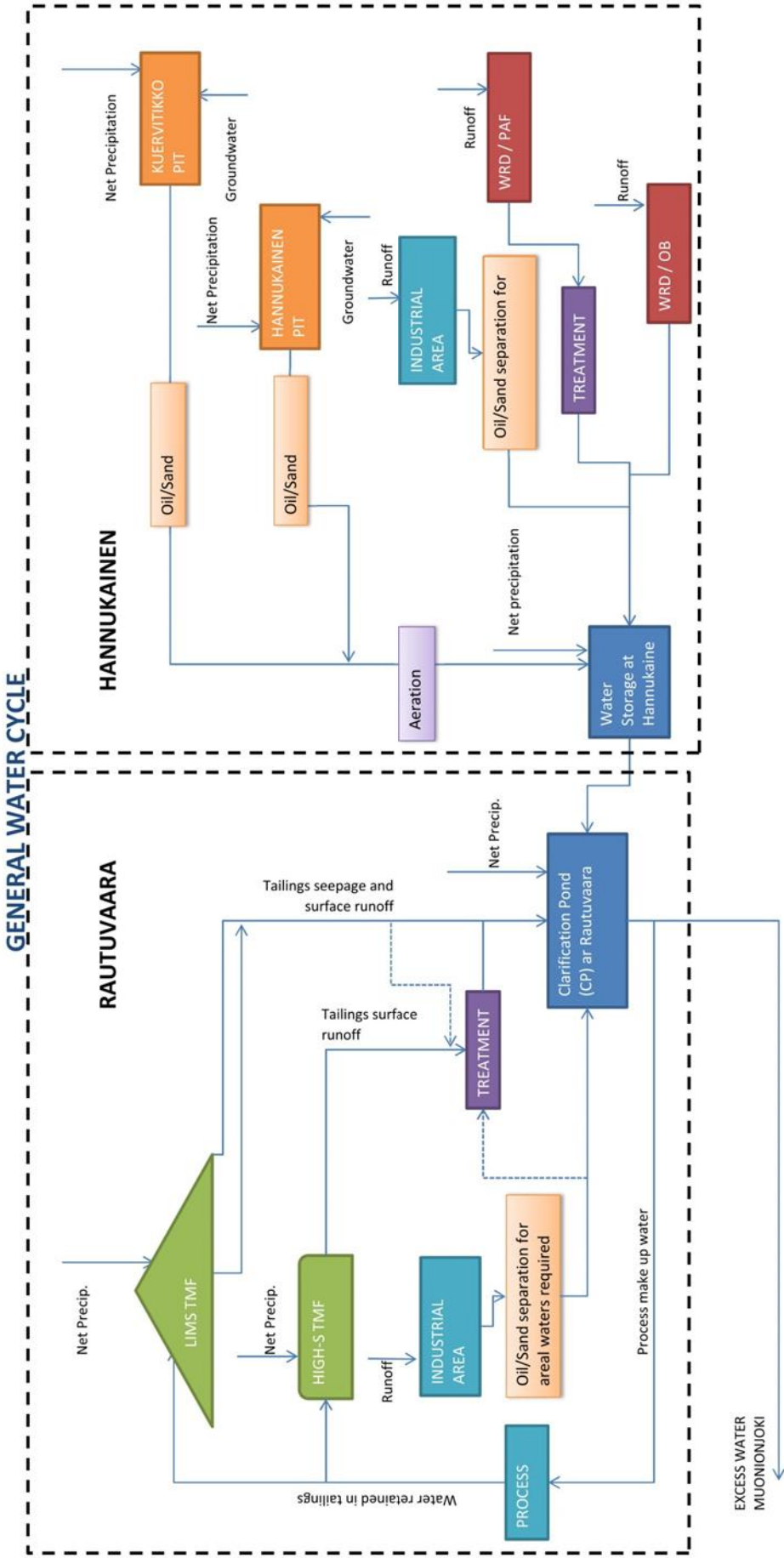
Kaivostoiminnoissa tarpeeton ylimääräinen vesi poistetaan Muonionjokeen (Pöyry, henk. koht. kommentti). Siten rakentamisen jälkeen kontaktivedet hankealueelta ohjataan pois luonnollisilta valuma-alueiltaan Muonionjokeen, vähentäen siten virtaamia Äkäsjokeen, Kuerjokeen, Valkeajokeen ja Niesajokeen.

Tämän vaikutuksen suuruusluokkaa tutkitaan vaikutusarvioinnissa (kappale 9).

7.2.2 Muonionjoki

Kaivostoimintojen aikana ylimääräinen vesi Hannukaisen hankealueelta käsitellään ja sitten puretaan Muonionjokeen. Suurimman osan kaivoksen elinajasta Muonionjoen nettovirtaamiin tulee lisäystä verrattuna alkutilanteeseen. Poistomäärät Muonionjokeen näytetään taulukossa 9-37.

Näiden virtaamamuutosten vaikutukset arvioidaan kappaleessa 9.6.



Kuva 7-4: Vedenkierto Hannukaisen ja Rautuvaaran kaivosalueilla (Pöyryn toimittama)

8 VAIKUTUSTEN ARVIOINNISSA KÄYTETTY LÄHESTYMISTAPA

Tässä kappaleessa keskitytään määrittämään Hannukaisen kaivoksen kehittämisen vaikutukset (mukaan lukien Rautuvaara mahdollisuus) pohjavesisysteemiin ja paikallisten virtavesien hydrologiaan sekä tärkeimpien vesiväylien vedenlaatuun, joihin hanke mahdollisesti vaikuttaa, selostettuna kappaleessa 6.4.4.

Alkuperäinen laaja arviointi kehitettiin lähtötason arvioinnin ja hankeselostuksen kehittämisen aikana luodakseen kattavan listan tärkeimmistä vaikutuksista, jotka tarvitsivat määrällisen arvioinnin, kuvattuna kappaleessa 4 ja yhteenvedettynä alla:

1. Muutokset Äkäsjoen ja sivujokien perusvirtaamaan, kun pohjavesi otetaan talteen louhoksissa (eli louhosten tyhjennys) ja käsitellään paikanpäällä;
2. Muutokset Äkäsjokeen, Niesajokeen ja sivujokiin, kun pohjavesialue muuttuu ehdotettujen rikastushiekka-altaiden johdosta;
3. Muutokset Äkäsjoen, Niesajoen ja sivujokien pintavirtaamiin kaivoksen jalanjäljen takia, mm. valuma-alueita poistettu /käännetty, valuma otettu talteen ja käsitelty paikanpäällä, sulkemisen jälkeinen louhosjärvien ylivuotaminen;
4. Kaivosinfrastruktuurin aiheuttamat muutokset Äkäsjoen, Niesajoen ja sivujokien vedenlaatuun;
5. Kaivosalueen vesienhallinnan vaikutukset Muonionjoen virtaamaan ja vedenlaatuun;
6. Luokiteltujen pohjavesiesiintymien heikentyminen louhosten kaivamisen, sivukivien läjitysalueiden ja rikastushiekka-altaiden laajentumisen johdosta;
7. Louhosten tyhjentämisen ja kaivosinfrastruktuurin vaikutukset lähteisiin ja suoalueisiin; ja
8. Louhosjärvien palautuminen lopettamisen jälkeen, kun louhokset on jätetty täyttymään, mukaan lukien järvien ja vastaanottavien vesireittien vedenlaatu.

Vaikutusarvioinnin informoimiseksi tehtiin analyyttinen ja numeerinen mallinnus. Alla kappaleessa 8.1. annetaan yleiskatsaus numeerisen mallinnuksen työhön, kappaleen 9 seuratussa vaikutuksia jokaisen kappaleen 4 laajassa arvioinnissa tunnistetuille tärkeimmille vaikutuskohteille.

8.1 Vaikutusten arviointimenetelmät

Numeeriset pohjavesimallit, pintavesien valuma-alueiden mallit ja geokemialliset sekoittumismallit on kehitetty simuloimaan valmistelu-, toiminta- ja lopettamisvaiheen pohjavesijärjestelmää, hydrologisia olosuhteita ja hankealueen pintavesien laatua.

Esittely mallinnustyöhön on annettu alla kappaleesta 8.1.1. kappaleeseen 8.1.3., korostaen arvioinnin Vaiheen 1 ja Vaiheen 2 tehdyn työn eroavaisuuksia. Lukijaa viitataan HVA:n ensimmäiseen vaiheeseen alkuperäisen mallinnustyön tarkempiin yksityiskohtiin (SRK,

2012a) ja toisen vaiheen mallinnusmenetelmien yksityiskohdat toimitetaan liitteissä ja niihin viitataan asianmukaisissa kappaleissa.

Pintavesimallinnus arvioi louhinnan vaikutuksia jokien virtaamiin, joen tilaa ja vesialaa. Tämä arviointi perustuu alueelliseen hydrologiseen analyysiin, käyttäen saatavilla olevaa mitattua virtaustietoa, vertaillen tämän analyysin tuloksia paikan päällä tehtyihin mittauksiin. Geokemiallisia laimennusmalleja on käytetty derivoimaan kuormitusarvoja sivukivien läjitysalueille, rikastushiekalle, rikastushiekka-altaille ja louhosjärville. Nämä kuormitusarvot sekoitetaan pohjaveteen ja pintaveteen arvioimaan mahdolliset vaikutukset vedenlaatuun. Kaikissa tapauksissa mallinnuksessa on käytetty konservatiivista lähestymistapaa, esimerkiksi pitämällä laimenemista ainoana mahdollisten kontaminanttien pitoisuuksien vähenemismekanismina pohja- ja pintavesisysteemeissä.

Hankealueen hydrogeologista järjestelmää hallitsee osaksi rakoverkosto sekä alueen eri hydraulisten yksiköitten hydrauliset ominaisuudet (kappale 6.4.4). Analyttisellä mallilla voidaan saada alustavan indikaation kaivosinfrastruktuurin vaikutuksista paikalliseen virtausjärjestelmään, mutta tarvitaan monimutkaisempi kolmiulotteinen numeerinen mallinnus simuloimaan toimintojen vaikutuksia paikalliseen hydrologiaan kaivoksen elinaikana.

Mallin tuloksia käytetään Pöyryn (Pöyry, 2012c) tuottaman hankealueen vesitaseen tulosten ja Hannukaisen selkeytysaltaan käsitellyn veden laatua ja virtaamaa koskevien laskelmien (Pöyry, 2013) kanssa ennustamaan mahdollisia vaikutuksia seuraavasti:

1. Pohjavesimallin ennustamia muutoksia jokien perusvirtaamassa käytetään ennakoimaan vähentyneen jokien perusvirtaaman vaikutuksia jokien tilaan ja jokien virtaamamääriin;
2. Pintavesien valuma-alueille käytetään tutkimaan kaivosinfrastruktuurin vaikutuksia paikalliseen jokisysteemiin tulevaan valumaan ja siten jokien virtaamiin ja tilaan;
3. Pohjavesimallin ennustamat toiminta- ja sulkemisvaiheen louhosten tulovedet ja hydrauliset gradientit viedään lähtöaineiston kanssa geokemialliseen sekoittumismalliin louhosten pumppauskuoppien vedenlaadun ennakoimiseksi;
4. Pohjavesimallin ennakoimia valmistelu- ja toimintavaiheen rikastushiekka-altaiden vesitaseita viedään lähtöaineiston kanssa geokemialliseen sekoittumismalliin rikastushiekka-altaiden vedenlaadun ennakoimiseksi; ja
5. Geokemiallisia sekoittumismalleja, lähtöaineistoa ja suotovesiarvioita käytetään ennakoimaan vaikutusta paikallisen hydrologisen järjestelmän vedenlaatuun.

Numeerisilla malleilla tarkasteltu 'Perusskenaario' on kuvattu kappaleessa 7.1.

On tärkeää pitää mielessä, että numeerinen mallinnus on matemaattinen esitys tosielämän tilanteesta ja siten voi parhaimmillaankin olla vain arviointi pohjavesivirtaaman prosessista. Numeerisen mallin tuloksia tulee arvioida varovaisesti sekä ottaen huomioon niiden pohjalla olevat oletukset (Harbaugh and McDonald, 1996).

8.1.1 Numeerinen pohjavesimallinnus

Mallin tavoitteet

Numeeristen pohjavesimallien päätavoitteet Vaiheen 1 aikana olivat:

- Arvioida operatiivisen louhinnan aikainen pinnanaleneminen;
- Kvantifioida vaikutukset paikalliseen jokiverkoston perusvirtaamaan; ja
- Ennustaa sulkemisen jälkeinen hydrologinen järjestelmä.

Näiden Vaiheen 1 tavoitteiden lisäksi Vaiheen 2 pohjavesimallinnustyö tähtäsi:

- Tuottaa vesitase rikastushiekka-altaille nykyisten ja kaivoksen elinajan olosuhteiden aikana; ja
- Ennustaa pohjois- ja etelärikastushiekka-altaista tapahtuva suotautuminen paikalliseen jokijärjestelmään.

Mallinnuksen yhteenveto

Hannukaisen kaivosalueen Vaiheen 1 aikana kehitetyt pohjaveden numeeriset mallit on päivitetty kuvaamaan Vaiheen 2 infrastruktuuria ja sopeutettu tutkimaan Rautuvaaran rikastushiekka-allas aluetta. Yhteenveto Vaiheen 1 malleista ja Vaiheen 2 päivityksistä annetaan alla taulukossa 8-1.

Hannukaisen Vaiheen 1 mallinnustyön tarkempiin yksityiskohtiin viitataan Hannukaisen HVA:n (SRK, 2012a) Vaiheessa 1 ja liitteessä I Rautuvaaran mallinnukselle.

Taulukko 8-1: HVA tutkimuksessa käytetyt pohjaveden mallinnustekniikat

Mallinnuksen ennakointikomponentti	Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Ennen toimintaa	Vakaan tilan ‘Hannukaisen nykyiset olosuhteet’ malli, kalibroitu toukokuu 2011 aikana Hannukaisen kaivosalueella kerättyinä kerättyihin pohjavesitasoihin (SRK, 2012a). Mallin tuottamaa nykytilanteen joen perusvirtaamaa ja ennustettua pohjaveden pintaa käytetään pohjavedentason aloituskorkeutena Hannukaisen operationaaliselle mallille (SRK, 2012a).	Päivitystä ei tarvita
Nykyiset olosuhteet	Hannukainen	Vakaan tilan ‘Rautuvaaran rikastushiekka-altaan nykyiset olosuhteet’ mallit kehitettiin Vaiheen 1 Hannukaisen nykyisten olosuhteiden mallista: - Tuotettu kolme vakaan tilan mallia (talvi, kesä, ja keskimääräiset ilmasto-olosuhteet); - Peruskallio, irtomaa ja nykyisen rikastushiekka-alueen hydrologiset yksiköt lisättyinä Rautuvaaran alueeseen; - Lisätty järvisolun rajapintaolosuhteet edustamaan nykyisiä rikastushiekka-altaita; - Rautuvaaran mallit kalibroitu kesäkuun 2012 kerrätyön aikana kerättyihin pohjaveden korkeuksiin sekä nykyisiin altain pinnankorkeuksiin. Katso Liite I tarkempia yksityiskohtia varten
	Rautuvaara	Ei tarvita Vaiheen 1 aikana

Mallinnuksen ennakointikomponentit	Vaiheen 1 mallinnus		Vaiheen 2 päivitys
Toiminnallinen			
Arvioi toiminnallisen louhinnan aikaisen pinnanalenemisen louhoksen tyhjentämisen takia.	Hannukainen	Siirtymävaihe tila ‘Hannukaisen operaationallinen malli’ sisältäen kaivoksen elinajan (18 vuotta) kattavan Vaiheen 1 louhokset, sivukivien läjitysalueet, ja rikastushiekka-allas infrastruktuuriin (SRK, 12012a). Pinnanaleneminen ja jokien perusvirtaama määritetään jokaiselle vuodelle.	Vaiheen 1 siirtymävaihe malli päivitettyinä kuvaamaan Vaiheen 2 infrastruktuuria: - Sivukivien läjitysalueet ja vuosittaiset louhokset päivitettyinä Vaiheen 2 suunnitelmaan; - Mallin kesto pidennettiin kattamaan Vaiheen 2 louhinta Hannukaisessa (21 vuotta); - Hannukaisen rikastushiekka-allas on poistettu mallista; - Pinnan aleneminen on tarkastettu ja perusvirtaama on poistettu joka vuosi
			Tyhjentämisen vaikutukset paikallisen jokiverkoston virtaamaan
Vesitase	Rautuvaaran rikastushiekka-altaille	Rautuvaara	Vakaan tilan ‘Rautuvaaran kaivoksen elinajan’ mallit on kehitetty Rautuvaaran nykyisten olosuhteiden malleista: - Kolme vakaan tilan mallia (talvi, kesä, ja keskimääräiset ilmasto-olosuhteet); - Topograafiset ja hydrogeologiset yksiköt on muokattu sisältämään kaivoksen elinakaiset Lims-magneettierotellut rikastushiekat; - Korkearikkinen osasto on liitetty alhaisemman pohjavesikertymän alueena.
Suotovedet	Rautuvaaran rikastushiekka-altaista paikallisiin jokiin		Siirtymävaiheen mallinnusta ei toteutettu Rautuvaarassa alueella olevien varastointimainaisuuksien epävarmuuden takia.
Sulkemisen jälkeen			
Sulkemisen jälkeinen louhosten täyttäminen	Hannukainen	Siirtymävaiheen tila ‘Hannukaisen sulkemisen jälkeiseen’ malli kehitettiin simuloimaan rikastushiekkien takaisiin täyttöä louhoksiin ja louhosjärvien ylivuotoa keskimääräisten, 1/20 kuiva ja 1/20 tulva ilmasto-olosuhteiden aikana (SRK, 2012a).	Vaiheen 1 mallinnus osoittaa että louhosten täyttyminen kestää vuosikymmeniä, minkä aikana vedenlaatu louhosjärjässä heikkenee. Tämän vuoksi Vaiheessa 2 tehtiin päätös simuloida louhosten keinotekoinen täyttäminen ‘Hannukaisen keinotekoinen täyttäminen’). Alustavia laskelmia on tehty käyttäen GoldSim:in kehittämän mallinnusohjelman verrattain yksinkertaista vesitase lähestymistä, mikä on sebstettuna Liitteessä K

Mallinnuksen ennakointikomponentit	Vaiheen 1 mallinnus		Vaiheen 2 päivitys
	Hannukainen		
Sulkemisen hydrogeologinen järjestelmä jälkeinen	Vakaan tilan 'Hannukainen sulkemisen jälkeen' malli keskimääräisten, 1/20 kuivuuden ja 1/20 tulva ilmasto-olosuhteiden aikana (SRK, 2012a). Pohjavesien gradientit, sivukivien läjitysalueiden suotamiset ja ylivuotomäärät saatu malleista.		Vaihe 1 selkeytysallas ja prosessivesiallas poistettuna. Kaksi skenaariota mallinnettu: - Ei valuntaa sivukivien läjitysalueilta louhoksille; ja - Valunta sivukivien läjitysalueilta Hannukaisen louhokseen.
	Rautuvaara	Ei tarvita Vaiheen 1 aikana	Ei ole kehitetty erityistä Rautuvaaran sulkemisen jälkeistä mallia, koska on nähty ettei ehdotettu lopettamissuunnitelma aiheuttaisi merkittäviä muutoksia alueen hydrogeologisen järjestelmään ja siksi Rautuvaaran kaivoksen elinkaarimallien voidaan katsoa edustavan pitkän ajanjakson hydrogeologista järjestelmää.

8.1.2 Pintaveden virtaamamallinnus

Mallin tavoitteet

Pintavesivirtaamamallinnuksen tärkeimmät tavoitteet Vaiheen 1 aikana oli arvioida:

- Muutosten vaikutukset Äkäsjoen ja sivujokien perusvirtaamaan, kun pohjavesi otetaan talteen avolouhoksilla (eli louhosten tyhjentäminen) ja käsitellään paikanpäällä;
- Kaivoksen jalanjäljen aiheuttamat muutokset luonnolliseen valumajärjestelmään, muutosten vaikutukset Äkäsjokeen ja sen sivujokiin tuleviin pintavesivalumiin;
- Kokonaisvaikutus Äkäsjokeen, sen sivujokiin ja Muonionjokeen; ja
- Kaivosvesien päästöt Niesan altaaseen ja sen mahdolliset vaikutukset Niesajoen virtaamiin.

Näiden Vaiheen 1 tavoitteiden lisäksi Vaiheen 2 pintavesimallinnustyö tähtäsi arvioimaan:

- Muutosten vaikutuksia Niesajokeen, kun vesi käsitellään Rautuvaaran ehdotetulla rikastushiekka-altaalla;
- Rautuvaaran ehdotetun rikastushiekka-altaan rakentamisen aiheuttamien muutosten vaikutukset Kylmäojaan; ja
- Ehdotetun purkupaikan vaikutukset Muonionjokeen.

Mallinnuksen yhteenveto

Vaiheen 1 aikana kehitetty pintaveden virtaaman mallinnus on päivitetty kuvaamaan Vaiheen 2 infrastruktuuria. Lisätyötä on tehty Rautuvaaran rikastushiekka-allas alueen tutkimiseksi. Yhteenveto Vaiheen 1 ja Vaiheen 2 töistä esitetään alla taulukossa 8-2.

Hannukaisen Vaiheen 1 mallinnustyön tarkempiin yksityiskohtiin viitataan Hannukaisen HVA:n (SRK, 2012a) Vaiheessa 1 ja Liitteessä C Rautuvaaran mallinnukselle.

Taulukko 8-2: HVA tutkimuksessa käytetyt pintaveden mallinnustekniikat

Mallinnuksen ennakoitavien komponentti	Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Ennen toimintaa		
Vaikutus Laurinojaan ja alapuolisiin jokiin, kun nykyisten louhosjärvien tyhjennysvedet puretaan virtaan	Hannukainen Generoitiin kenttämittauksiin perustuva tyypillinen Laurinojan osuus. Muutokset virtaamassa ja kostean alueen ennusteessa perustuen RJK:n päästöluvun määrittämiin virtaamamääriin (Kappale 2.2.1) (SRK, 2012a).	Ei tarvita Vaiheen 2 aikana
Toiminnallinen		
Muutokset Äkäsjoen ja sivujokien perusvirtaamaan, kun pohjavesi otetaan talteen avolouhoksella (eli louhoksen tyhjentäminen) ja käsitellään paikan päällä	Hannukainen Perustuen numeerisen pohjavesimallin generoimiin vuoden 18 perusvirtaaman ennakoituihin muutoksiin, tehtiin arviointi näiden muutosten vaikutuksista virtaamaan ja veden tasoihin kaivoksen viereisessä Äkäsjoen Kuerjoen suulla sekä Muoniojoen ja Äkäsjoen yhtymäkohdassa (SRK, 2012a). Jokiosuudet perustuvat kenttämittauksiin.	Muutokset perusvirtaamaan ja siihen liittyvät vaikutukset päivitetään käyttäen Vaiheen 2 pohjavesien numeerisen mallinnuksen tuloksia.

Malinnuksen ennakoitavien komponenttien	Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Hankkeen jäljälleen tuloksena muuttuneiden luonnollisten valumajärjestelmien aikaansaamat muutokset paikallisiin jokiin tuleviin pintavalumiin	Valuma-alueiden pohjataso eriteltyinä Äkäsjoen, Kuerjoelle ja Valkeajoen. Pöyry on arvioinut jokaisen joen valuma-alueet. Vaikutusarvioinnin tarkoituksella on arvioitu, että vähentyneet valumavedet jokaiseen jokeen on suorassa suhteessa pienentyneeseen valuma-alueeseen, eli valuma-alueen yhden prosentin menetyksen vähentää valumaa jokeen yhdellä prosentilla. Valuma-alueiden muutosten oletetaan vaikuttavan jokien virtaamiin avoveden / ei-talvi kuukausina (toukokuusta lokakuuhun) pintaveden virtaamien vähenemisen takia (SRK, 2012a).	Vähentyneet valumamäärät päivitetty vastaamaan Vaiheen 2 infrastruktuuria.
	Hannukainen Rautuvaara Ei tarvita Vaiheen 1 aikana.	Valuma-alueiden lähtöarvot eriteltyinä Niesajoen ja Kylmäjoelle. Niesajoen, Kylmäjoen ja Muonionjoen virtaamien kehittymiseen kohdistuvien vaikutusten mallinnus perustuu samoihin menetelmiin, joita on käytetty määritettäessä perustilan virtaamaolosuhteita (kappale 5.2.2).

Mallinnuksen ennakoitavien komponenttien	Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Yhdistetty vaikutus paikallisiin jokiin	Äkäsjoen, Kuerjoen, Valkeajoen ja Muonionjoen on arvioitu perusvirtaaman muutosten ja pintavesivaluman muutosten aikaansaama yhdistetty vaikutus. Vesiliikkeen muutokset hydraulisissa parametreissa, kuten veden syvyys ja kostean alueen reuna, ovat vaikutusten suhteen merkittävämpiä, kuin muutokset yksinään virtaamassa. Siksi ennakoitujen virtaamien vähennysten vaikutukset jokien syvyyteen ja kostean alueen reunaan on kuvattu jokaisen joen poikkileikkauksessa. Analyysi perustuu poikkileikkauksiin ja virtaamamittauksiin, jotka on otettu osaksi lähtötason tarkasteluohjelmaa (SRK, 2012a).	Ennusteet Äkäsjoen, Kuerjoen ja Valkeajoen yhdistetyistä vaikutuksista on päivitetty kuvaamaan Vaiheen 2 päivityksiä perusvirtaamassa ja pintavesivalumassa. Yhdistetty vaikutus Muonionjokeen on laajennettu sisältämään alla ja Liitteessä C kuvattua jätevesien poistoputken mahdollinen vaikutus
Mahdollinen vaikutus Niesajoen virtaamaan, johtuen kaivosvesien purkamisesta Niesan altaaseen	Ei tarvita Vaiheen 1 aikana	Yhdistettyjen vaikutusten ennuste on laajennettu sisältämään Niesajoen ja Kylmäjoen virtaamat
	Arvioitiin kaivoksen vaikutuksista Niesajoen virtaamiin on arvioitu kolmesta sijainnista (Niesan altaan alapuolella, Niesajoen keskikohta ja Niesajoen suu) kuin myös Muonionjoessa Niesajoen yhtymäkohdasta alavirtaan. Vaikutusten arvioinnit pohjautuvat Pöynyn (2012a) esittämiin vesitaseisiin (SRK, 2012a).	Ei tarvita Vaiheen 2 aikana

Mallinnuksen ennakoitintikomponentti		Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Muonionjoen purkupaikka		Ei tarvita Vaiheen 1 aikana	Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta suunnitellun vesien purkamisen aiheuttamien Muonionjoen virtaamien muuttumisen vaikutusten mallintaminen perustuu perustilan virtaamaolosuhteiden arvioimiseen käytettyihin menetelmiin (Kappale 5.2.2) (Liite C).
	Yhdistetty		
Sulkemisen jälkeinen			
Louhosjärvien ylivuodot ja Kuerjokeen	Äkäsjokeen ja	Hannukainen	Päivitetty sisältämään Vaiheen 2 numeeristen pohjavesimallien ennakoimat määrät.

8.1.3 Hannukaisen hankealueen geokemiallinen mallinnus

Mallin tavoitteet

Geokemiallisen mallinnuksen tärkeimmät tavoitteet Vaiheen 1 aikana olivat:

- Laskea lähtöarvot sivukivien läjitysalueille, louhoksen pumppukuopille ja operationaalisen louhinnan aikaiselle käsitellylle jätevedelle;
- Ennakoida vedenlaatuvaikutukset vastaanottavissa sivukivien läjitysalueiden tai rikastushiekka-altaiden suotovesiin luokitelluissa pohjavesikerrostumissa;
- Ennakoida vedenlaatuvaikutukset vastaanottavissa pintavesistöissä Hannukaisen hankealueen jätevesien vastaanottamisen seurauksena; ja
- Arvioida kaivoksen lopettamista ja louhosonkaloiden täyttämistä seuraavaa louhosjärvien vedenlaatua.

Näiden Vaiheen 1 tavoitteiden lisäksi Vaiheen 2 geokemiallisen mallinnustyön tavoitteena oli:

- Generoida lähtöarvot Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle nykyisten olosuhteiden, kaivoksen elinajan ja sulkemisen jälkeisenä aikana;
- Ennakoida Rautuvaaran rikastushiekka-altaan vaikutus Niesajokeen ja Kylmäjokeen; ja
- Ennakoi Muonionjokeen kohdistuvien päästöjen vaikutuksen joen vedenlaatuun.

Mallinnuksen yhteenveto

Vaiheen 1 aikana kehitetyt geokemialliset mallit on päivitetty kuvaamaan Vaiheen 2 infrastruktuuria. On myös suoritettu ylimääräistä työtä Rautuvaaran rikastushiekka-altaan tutkimiseksi. Yhteenveto Vaiheen 1 ja Vaiheen 2 töistä esitetään alla taulukossa 8-3. Rautuvaaran rikastushiekka-altaan eri kontaminaation lähteet ja niiden kuvaukset on esitetty alla taulukossa 8-4.

Hannukaisen Vaiheen 1 mallinnustyön tarkempiin yksityiskohtiin viitataan Hannukaisen HVA:n (SRK, 2012a) Vaiheessa 1 ja Liitteessä J Rautuvaaran mallinnukselle.

Taulukko 8-3: HVA tutkimuksessa käytetyt geokemiallisen mallinnuksen tekniikat

Mallinnuksen ennakointikomponentti		Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Ennen toimintaa			
Louhoksen kuivausvesien purkaminen Laurinojaan ja edelleen Äkäsjokeen	Hannukainen	Geokemiallinen sekoittumismalli on kehitetty ennakoimaan louhimista edeltävää tyhjentämisen poistoveden laatua. Mallinnuksessa vedenkäsitteilyn katsotaan käsittävän kosteikko/laskeutusaltaan ja ilmastusjärjestelmän (SRK, 2011).	Vesi johdetaan selkeytysaltaaseen Laurinojan sijaan, siten Vaiheessa 2 ei Laurinojalle ja Äkäsjokele tarvita vaikutusarviointia. HVA:n Vaiheeseen 2 lisättiin asiakkaan pyynnöstä poistovesien ennakoitu vedenlaatu. Ei muutoksia käsittelytekniikkaan, siten ei tarvita päivitystä veden laadun ennusteisiin.
Toiminnallinen			
Vaikutukset vedenlaatuun luokiteltujen pohjavesikerrostumien vastaanottavissa sivukivien läjitysalueiden tai rikastushiekka-altaiden suotovesissä	Hannukainen	Sivukivien läjitysalueiden kuormittavan kemiallisen liuoksen alkuvaiheen suhteellinen sekoittuminen pohjaveden perustilan laadun kanssa. Sekoittumissuhteet on päätelty perustuen liuosten volumetrisiin virtausmääriin sivukivien läjitysalueiden jalanjäljen alla. Sekundäärinen dispersio/laimentuminen on otettu huomioon pohjavesien virtaamareittien varastoituslaskelmissa, joita on käytetty laskettaessa toista suhteellista sekoittumisskenaariota. Tämä lopullinen sekoittuminen antaa ennusteen vastaanottavaan vesistöön purkautuvan liuoksen kemialla. Lisäksi, vedenlaatu akviferissa on otaksuttu olevan alkuvaiheen ja sekundäärisen pohjaveden sekoittumisskenaarioiden haarukassa.	Sekoittumismallit päivitetty Vaiheen 2 sivukivien läjitysalueiden mittasuhteisiin ja jalanjälkeen. Rikastushiekka-altaiden kuormitukset on poistettu Hannukaisen laskelmista.
Pohjavesien vedenlaadun ennuste sivukivien läjitysalueiden ja rikastushiekka-altaiden suotovesien hajapäästöjen vaikuttamille pintavesien vaikutuskohteille eli pohjavesien päästöjen lähdearvot pintaveden vaikutuskohteisiin	Hannukainen	Mallinnus tehtiin käyttäen termodynaamisen tasapainon numeerista koodia PhreeqC8 ja seuraavassa vesien sekoittumisen seurauksena kylläisessä tilassa olevien mineraalien annettiin saostua ja metallien adsorptio mineraalifaaseihin oli sallittua (SRK, 2012a).	

Mallinnuksen ennakointikomponentti	Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Vedenlaadun vaikutukset vastaanottavissa pintavesistöissä Hannukaisen hankealueelta tulevien päästöjen vastaanottamisen seurauksena	Hannukainen Vastaanottavien virtavesien ja jokien metallien pitoisuuksista tehtiin ennustuksia konservatiivista massatasapainolähestymistä käyttämällä, joka tehtiin Golders Associates GoldSim ohjelmistolla. Ohjelmistossa volumetriset kuormitukset sekoitettiin kaikkien mahdollisten kontaminaatiolähteiden kanssa taustavedenlaatuun. Tämä menetelmä on konservatiivinen siten, että se on riippuvainen ei-termodynaamisesta tasapainosta, eikä ota huomioon esimerkiksi mineraalilyllästymistä, pH-tasapainoa, ilmakemian kaasutasapainoa eikä laimentamista adsorption kautta. Lyhyistä viipymäajoista vastaanottavissa vesistöissä johtuen, on perusteltua käyttää tällaista mallia, koska takuita tasapainon saavuttamisesta ei voida antaa ja koska saostumat tulevat todennäköisesti muodostamaan kolloidisen ja/tai suspentoituneen kuormituksen. (SRK, 2012a).	Päivitettyillä sekoittumismalleilla päivitettiin massan tasapainomallit Vaiheen 2 ennakoituilla kuormituksilla. Hannukaisen rikastushiekka-altaan kuormitukset on poistettu Vaiheen 2 laskelmista.
Vedenlaadun lähtötason ennuste Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle	Rautuvaara Ei tarvita Vaiheen 1 aikana	Rautuvaaran rikastushiekka-alueen pohjois- ja etelälaikalle tehtiin vedenlaatuennustuksia nykyisistä toimintaa edeltävistä kaivoksen elinaikaisten rikastushiekkojen sijoittamisen olosuhteista ja toiminnan jälkeisistä rikastushiekka-alueista. Kummassakin tapauksessa vakaat olosuhteet asetettiin linjaan pohjaveden vakaiden olosuhteiden mallinnuksen kanssa, joka on kuvattu Kappaleessa 8.1.1. Numeerista massatasapainolähestymistä käytettiin kemiallisten pitoisuuksien laskemiseen Rautuvaaran rikastushiekka-altaissa. Massatasapaino pitoisuuslaskelmat kohdistettiin termodynaamiseen tasapainoon määrittääkseen, onko yksikään komponenteista ylilyllästetty yleisten mineraalivaiheiden suhteen USGS termodynaamista spesiaatiokoodia PhreeqC käyttäen. Mallisyötteet annetaan Taulukossa 8-4. Katso lisätiedot Liitteestä J.

Mallinnuksen ennakointikomponentti		Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Rautuvaaran rikastushiekka-alueelta alavirtaan olevien jokien pintavedenlaatuennuste.	Rautuvaara	Ei tarvita Vaiheen 1 aikana	Rakentamisen jälkeiset pitoisuudet on laskettu konservatiivista laimenemismallinnuslähestymistä käyttäen, joka on kuvattu yksityiskohtaisemmin Liitteessä J. Malli sisältää lähtötason kuormituksen ja virtaamat ja kuormitusta rikastushiekka-altaalta. Mallinnus sisältää geokemiallisen mallinnuksen ennustamat lähdetiedot, jotka on kuvattu yläpuolella ja Taulukossa 8-4. Geokemialliset mallinnusennusteet annetaan heinäkuun keskivirtaamaolosuhteille, vuosittaisille keskivirtaamaolosuhteille ja talven keskivirtaamaolosuhteille. Laimennuslaskelmat tehdään samoille ajanjaksoille. (Liite J)
	Yhdistetty	Ei tarvita Vaiheen 1 aikana	Rakentamisen jälkeiset laskelmat Muonionjoen vedenlaadussa, johtuen ehdotetusta purkupaikasta, laskettiin käyttäen kolmea menetelmää: Laatikkomalli: Purkupaikassa, jossa jäteveden alkulaimennus tapahtuu. Yksinkertainen malli valmistettiin GoldSim mallinnus ohjelmalla ja laskelmia tehtiin, kunnes vakaa tila oli saavutettu. (Ei pitoisuudet laatikossa eivät muuttuneet ajan kuluessa). Vedenpurkautumismalli: Purkupaikan lähellä, jossa jätevesi on muodostanut vedenpurkautumisviuhkan, mutta ei ole vielä kokonaan sekoittunut läpi joen. Tämä on mallinnettu käyttämällä 2D advektio-diffuusio yhtälöä; Täydellisen sekoittamisen malli: Etäisyys purkupaikasta, jossa jätevesi on sekoittunut kokonaan joenvirtaamiin. Tämä on mallinnettu käyttämällä tavanomaista konservatiivista laimenemismallinnuslähestymistä. Lähdetiedot annettiin vuodelle 5, 10 ja kaivoksen elinajaksi. Vedenlaatulaskelmat tehtiin samalle ajalle. Lisätietoja löytyy Liitteistä C.

Mallinnuksen ennakointikomponentti	Vaiheen 1 mallinnus	Vaiheen 2 päivitys
Sulkemisen jälkeinen Hannukaisen ja Kuervitiön louhosjärvien vedenlaatuvaikutukset kaivoksen sulkemisen jälkeen	Hannukainen Siirtymävaiheen louhosjärven vedenlaatu määriteltiin 14:sta askeleessa kattamaan 750 vuoden täyttymisjakson. Pitkäaikaisia vaiheita tarvittiin geokemiallisesti vakaa tilan saavuttamiseksi louhosjärvisssä. Jokaisessa vaiheessa louhosjärvien vedenlaatu määritetään käyttämällä louhosjärven tulovesien suhteellista sekoittumismallia miinus ulosvirtaamat (mukaan lukien haihtumisen) louhosjärveltä verrattuna edellisen vaiheen louhosjärven veteen. Pohjaveden tulovedet, pintavesien valumat sekä suora sadanta laskettiin perustuen hydrogeologisen mallinnukseen, kuten myös päästöt sivukivien läjitysalueiden suotovesistä ja uudelleen täytetyistä rikastushiekoista. Mallinnus tehtiin käyttäen termodynaamisen tasapainotuksen koodia PhreeqC9 ja jokaisessa vaiheessa kyllästyneiden mineraalien annettiin saostua ja metallien adsorptio mineraalifaaseihin sallittiin.	Vaihe 2 harkitsee louhosten keinotekoista täyttämistä käyttäen keinotekoisien täyttämisen mallin (kappale 8.2.1.) tuottamia määriä. Louhosjärvien vedenlaatu määritetään kahdessa vaiheessa, 1) ensimmäisen ylivuodon aikana sekä 2) hydrokemiallisesti vakanaa aikana. Molemmissa tapauksissa mallit olivat yhden vaiheen (eli ne eivät huomioi ohimenevää täyttymistä) koska lyhyt täyttöaika tekee tämän lähestymistavan tarpeettomaksi. Mallinnus käytti massatasapaino lähestymistä, jossa kemialliset kuormitukset eri lähteistä, sisältäen korkeiden seinämien valumat ja rikastushiekka-altaiden suotovedet, yhdistettiin. Tämä liitettiin yhteen termodynaamiseen tasapainoon käyttäen numeerista termodynaamista tasapainotus kaavaa PhreeqC ⁹ , mikä sallii ylisaturoitujen mineraalifaasien saostumisen sekä kiintoaine: liuos ja kaasu: liuos interaktiot
Vedenlaadun lähtötason ennuste Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle sulkemisen jälkeen	Rautuvaara Ei tarvita Vaiheen 1 aikana	Samoja menetelmiä käytettiin lopettamisskenaarioon kuin toimintavaiheen lähdetason ennakkointiin, ennusteet sisältävät kolme skenaariota, jotka eroavat korkearikkisten rikastushiekan kapseloinnin tehokkuudesta lopettamisen aikana: - Pahin mahdollinen vaihtoehto olettaa että 100 % korkearikkisestä rikastushiekasta on lisäämässä rikastushiekka- altaan kuormitusta; - keskitason vaihtoehto on että 50 % korkearikkisestä rikastushiekasta on kapseloitu suljettua; ja - Paras vaihtoehto olettaa että 0 % korkearikkisestä rikastushiekasta on vaikuttamassa rikastushiekka-altaan kuormitukseen. (Liite J).
Pintavedenlaadun ennuste Rautuvaaran alajuoksun joille sulkemisen jälkeen	Rautuvaara Ei tarvita Vaiheen 1 aikana	Samoja menetelmiä käytettiin lopettamisskenaarioon kuin toiminnan ennakkointiin ja korvaamaan Vaiheen 1 ennustukset Niesajoelle (Liite C).

SRK Consulting	Lähde	Sovellaan	Kemiallinen ainesosa	Volumetrinen virtaama-aines	
				Hannukainen HIA PHASE 2 – Main Report	
Nykyinen rikastushiekka suoto (hienoaine s)	Nykyinen / Kaivoksen elin-aika / Sulkeminen			Raportoitu keskimääräinen huokoisveden vedenlaatu rikastushiekkojen hienoainesalueen koekuopissa (TP06, 07 and 08).	Suotovesien määrät olemassa olevista rikastushiekoista oletetaan olevan samankaltaiset kaivoksen elin aikaisten suotovesien määrän talven, heinäkuun ja keskiarvoisen skenaarioiden kanssa. Kemiallinen kuormitus oletetaan lähempään tarkasteluun ja huokosveden laskun korotetun tason isäkuormitusten oletetaan olevan vähäisiä.
					Suotovesimäärät kuten ennakoitu pohjaveden nykytilan skenaariossa
Nykyinen rikastushiekka suoto (Karkeat happamat rikastushiekat)	Nykyinen				
Historiallisen sivukivien läjitysalueen suoto	Nykyinen / Kaivoksen elin-aika / Sulkeminen				Suotovesimäärän oletetaan olevan tasan 50 % vuotuisesta sadannasta sivukivien läjitysalueelle.
Puhtaan pohjaveden virtaus eteläaltaaseen ja rikastushiekoille	Nykyinen / Kaivoksen elin-aika / Sulkeminen			Veden laadun oletetaan olevan samanlainen kuin historiallisista kaivoksista nähdyn alamaässä sijaitsevien RAU12HYD01 ja RAU12HYD02 kaivojen keskiarvon.	Kokonaispohjavesivirtaamana käsitelty virtaamat altaaseen suhteutettuna virtaamareitteihin, joihin kaivos ei ole vaikuttanut.
Pohjaveden vaikutukset historiallisen kaivoksen valumista eteläaltaaseen ja rikastushiekk-alueelle	Nykyinen / Kaivoksen elin-aika / Sulkeminen			Veden laadun oletetaan olevan samanlainen kuin historiallisista kaivoksista nähdyn pohjaveden alavirtaan sijaitsevien RAU12HYD01 ja RAU12HYD02 kaivojen keskiarvon.	Kokonaispohjavesivirtaamana käsitelty virtaamat altaaseen suhteutettuna kaivoksen vaikuttamiin virtaamareitteihin
Puhtaan pohjaveden virtaus pohjoisaltaaseen	Nykyinen / Kaivoksen elin-aika / Sulkeminen			Vedenlaadun oletetaan olevan samanlainen kuin kaikkien pohjoisaltaan virtausreitillä olevien pohjavesikaivojen keskimääräisen vedenlaadun	Einnakoituna kokonaispohjavedenottona käsitelty virtaamat pohjoisaltaaseen
LIMS-magneetti erotellun rikastushiekan suotoveden laatu ja määrät kaivoksen elin aikana sekä lopettamisessa	Kaivoksen elin-aika			Kaivoksen elin aikainen kemiallinen kuormitus (Erikson 2012: Hannukaisen toteutettavuustutkimuksen rikastushiekan karakterisointiraportti) Nämä kuormitukset laskettiin Vaihheen 1 rikastushiekan sijoitusta varten ja niiden oletetaan olevan samankaltaiset LIMS-magneettierotellun rikastushiekan kuormituksen kanssa Rautuvaaran alueella Vaihheessa 2.	Ennustetut kaivoksen elin aikaiset suotovesimäärät kuten ennustettuna tämän tutkimuksen osana tehdystä hydrogeologinen mallinnuksesta + ylimääräinen lisä puhdistetusta käsittelyvedestä. Suotovesimäärät sulkemisen jälkeisessä suotautumisskenaariossa on arvioitu olevan identtiset kaivoksen elinajan skenaario on sillä erotuksella että puhdistettu käsittelyvesi ei enää myötävaikuta suotoveden kokonaismäärään. Moreenikerroksen lisäämisen ei oleteta vaikuttavan itse rikastushiekkoihin imeytymiseen. Jokaissessa tapauksessa kuormitukset ovat suhteutettu pohjois- tai eteläaltaaseen virtaaviin arvioituihin suotovesimääriin (10 % kuormituksesta arvioidaan ilmaantuvan ilmaantuvan pohjoisaltaaseen ja 90 % eteläaltaaseen)
	Sulkeminen			Sulkemisen kemiallinen kuormitus (Eriksonin 2012 - Hannukaisen toteutettavuustutkimuksen rikastushiekk karakterisointiraportti) nämä kuormitukset laskettiin Vaihheen 1 rikastushiekan sijoittamiseen ja niiden oletetaan olevan suunnilleen samankaltaiset rikastushiekan kuormitusten kanssa Rautuvaaran alueella Vaihheessa 2.	
Korkearikkisen suotoveden laatu ja määrät kaivoksen elin aikana sekä sulkemisessa	Kaivoksen elin-aika			Korkearikkisten kemialliset kuormitukset lähdetietojen (massa/aika) otettiin Hannukaisen toteutettavuustutkimuksen rikastushiekk karakterisointiraportista ennakoitulle suotamislle eristeen läpi. Tämä edellyttää, että rikastushiekat neutraalisoidaan kalkilla. ARD:n tuoton estämiseksi kaivoksen elin ajaksi. Korkearikkisessä altaassa ei tehty erottelua pyrittrikastushiekkajakeiden suotovesissä ja magneettikiurisrikastushiekkajakeiden suotovesissä.	Rikastushiekk-altaisiin suorina kuormituksina lisätyt kemiallisen ainesosat suhteutettuna arvioituihin suotovesimääriin (10 % kuormituksesta arvioidaan ilmaantuvan pohjoisaltaaseen ja 90 % eteläaltaaseen)
	Sulkeminen			Lähdekuormituksen oletetaan olevan suhteessa kokonaiskuormitukseen, joka on ennustettu Eriksonin 2012 raportissa sulkemisen jälkeisten korkearikkisten rikastushiekkojen hapettumiselle. Tehtiin neljä skenaarioita: 1) Ei päästöjä – olettaen rikastushiekkojen täyden kapseloinnin sulkemisen jälkeen; 2) 10 % kuormituksen vapauttaminen – olettaen, että 10 % koko mahdollisesta kuormituksesta vapautui; 3) 50 % kuormituksen vapauttaminen – olettaen, että 50 % koko mahdollisesta kuormituksesta vapautui; ja 4) 100 % kuormituksen vapautus – olettaen, että 100 % koko mahdollisesta kuormituksesta vapautui. Kukin neljästä skenaariosta korostaa mahdollista vaihtelua ideaalisesti suunnitellun sulkemisen tapauksen ja Erikson 2012 välillä. Ideaalisen suunnittelun sulkemisen tapauksessa rikastushiekk on kuivatettu ja kokonaan kapseloitu sulkemisen jälkeen olettaen, että yhtiön suotovettä ei vapaudu luontoon. Eriksonin 2012 korostamassa tapauksessa missä HDPE eristetyt alueen eheys vähenee ajan myötä (100 - 1000 vuoden ajanjaksona) ja siten täytyy olettaa täyttää suotoa ympäristöön.	
Sadanta ja valuma-alueen valuma	Nykyinen / Kaivoksen elin-aika / Sulkeminen			Suoran sadaman pohjois- ja eteläaltaaseen ja myös kaiken ei-vaikuttaisen valuman oletetaan esittävän puhtaan sadeveden piirteet (globaali karkea arviointi).	Määrät on otettu suoraan tässä tutkimuksessa tehdystä pohjavesimallinnuksesta
	Vesi Hannukaisen hankaluu tta (vain kaivoksen elinajan malli)	Kaivoksen elin-aika		Pöyrystä 2012 otetut Hannukaisen vedenpoiston määrät ja vedenlaatu (Kirsi-Marja-Haampaa pers comm). Tätä lähdettä ei lueta mukaan sulkemisen jälkeiseen vedenlaadun ennusteeseen.	
	Käsitelty vesi korkearikkisen rikastushiekan käsittelystä kaivoksen elinajan toimintojen aikana	Kaivoksen elin-aika			
Rautuvaaran louhokseen takaisin täytetty rikastushiekat	Kaivoksen elin-aika / Sulkeminen			Rautuvaaran louhokseen takaisin täytettyjen rikastushiekkojen lähtökuormituksen oletetaan olevan samankaltaiset Hannukaisen louhokossa takaisin täytettyjen korkearikkisten rikastushiekkojen lasketulle kuormitukselle suhteutettuna vähennettyyn lopulliseen takaisin täytettyyn 2 Mt rikastushiekkojen määrään. Tämän materiaalin kuormitus lisättiin malliin ilman virtaama komponenttia (eli oletettiin lisäyksi taustavedenlaatuun)	

Taulukko 8-4: Taulukko kuvailee massa tasapaino mallin syöttötietoja sekä lähteitä Rautuvaaran vedenlaadun ennakointi malliin.

9 VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

9.1 Äkäsjoki

SRK pohjavesimallin tulokset osoittavat, että ennen louhimista, pohjavesivirtaama on kaivoshankealueelta jokia kohti. Louhoksen tyhjentäminen operationaalisen louhinnan aikana tekee louhoksen ympärille alenemakartion, mikä aiheuttaa tämän pohjaveden gradientin kääntymisen siinä määrin, että jokivesien ennakkoidaan täyttävän pohjavesijärjestelmää ja lisäävän pohjavesivirtaamaa louhoksiin. Siten on mahdollista, että Hannukaisen kaivoksen avolouhoksiin liittyvät tyhjentämistoimet voivat vähentää Äkäsjoen (mukaan lukien Kuerjoen myötävaikutus) perusvirtaamaa kaivoksen läheisyydessä.

Suurin vähennys on ennakoitu kaivostoimintojen 19. vuodelle, (eli kaivoksen elinaika) 2.556 m³/päivä (vastaa 30L/s 0,03 m³/s) väheneminen pohjavirtaamaan. Tähän on ennakoitu virtaamien hävikki molemmista Äkäsjoen ja Kuerjoen, mikä vaikuttaa Äkäsjoen virtaamiin kaivosalueen lähellä.

Kaivosalueen rakentaminen tulee myös aiheuttamaan valuma-alueiden 1,6 % pienentymisen lähtötilanteeseen verrattuna, vaikuttaen virtaamiin kesäkuukausina (Taulukko 9-1).

Taulukko 9-1: Kaivosalueen lähellä sijaitseviin Äkäsjoen virtaamiin mahdollisesti vaikuttavat kaivosalueet

Kaivoksen osa	Kaivoksen osan alue Äkäsjoen valuma-alueella (km ²), sisältäen valuma-alueet Kuerjoen valuma-alueella
Hannukaisen louhos	2,08
Kuervitikon louhos	0,56
PAF ITÄ WRD	1,62
NAF ITÄ WRD	0,81
OB ITÄ WRD	2,05
PAF LÄNSI WRD	0,27
NAF LÄNSI WRD	0,41
OB LÄNSI WRD	0,64
Vedenkeräyslampi	0
Poistettut alueet yhteensä	8,44
Luonnollinen valuma-alue	523
% valuma-alueista poistettu	1,6%

Äkäsjoen kuukausittaisten virtaamien ennakoitu prosentuaalinen vähennys kaivoshankealueella on esitetty Taulukossa Taulukko 9-. Ennakoidut vähennykset 7 päivän alivirtaamat ja Q₁₀ ennusteet on esitetty Taulukossa Taulukko 9-.

Taulukko 9-2: Äkäsjoen virtaamien ennakoitu muutos johtuen rakentamisen jälkeisen pohjavirtaaman vähenemisestä ja pintaveden valumien muutoksista (kaivoksen elinaika)

	Virtaaman prosentuaalinen vähennys lähtötason tilanteesta %												
	Ta m	Hel	Mar	Huh	Tou	Kesä	Hei	Elo	Syys	Lok	Mar	Jou	
1/100 KUIVA	4	4	4	4	2	2	3	4	4	3	3	3	
1/50 KUIVA	4	4	4	4	2	2	3	4	3	3	2	3	
1/10 KUIVA	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	1	2	
Keskivirtaama	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	1	1	
1/10 MÄRKÄ	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	1	
1/50 MÄRKÄ	1	1	1	0	2	2	2	2	2	2	0	1	
1/100 MÄRKÄ	1	1	1	0	2	2	2	2	2	2	0	1	

Oranssit kuukaudet käsitetään vaikuttuneiksi ainoastaan pohjavirtaaman muutoksilla. Valkoiset kuukaudet ovat vaikuttuneita valuma-alueen virtaamien muutoksista ja pohjavirtaaman vähentymisestä.

Taulukko 9-3: Äkäsjoelle ennakoitu muutos 7 päivän alivirtaamassa ja 7 päivän Q₁₀ arviot

Alivirtaaman muuttuja	Lähtötason virtaama m ³ /s	Perusvirtaaman ennakoitu vähennys (m ³ /s)	Virtavesien virtaaman prosentuaalinen vähennys
Vuosittainen 7 vrk keskilivirtaama (m ³ /s)	1,01	0,03	3
7 vrk keskilivirtaama heinä-syyskuu (m ³ /s)	1,34	0,03	2
Vuosittainen 7 vrk Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	0,55	0,03	5
7 vrk heinä-syyskuun Q ₁₀ keskivirtaama (m ³ /s)	0,79	0,03	4

Perustuu ainoastaan ennakoituun muutokseen perusvirtaamassa

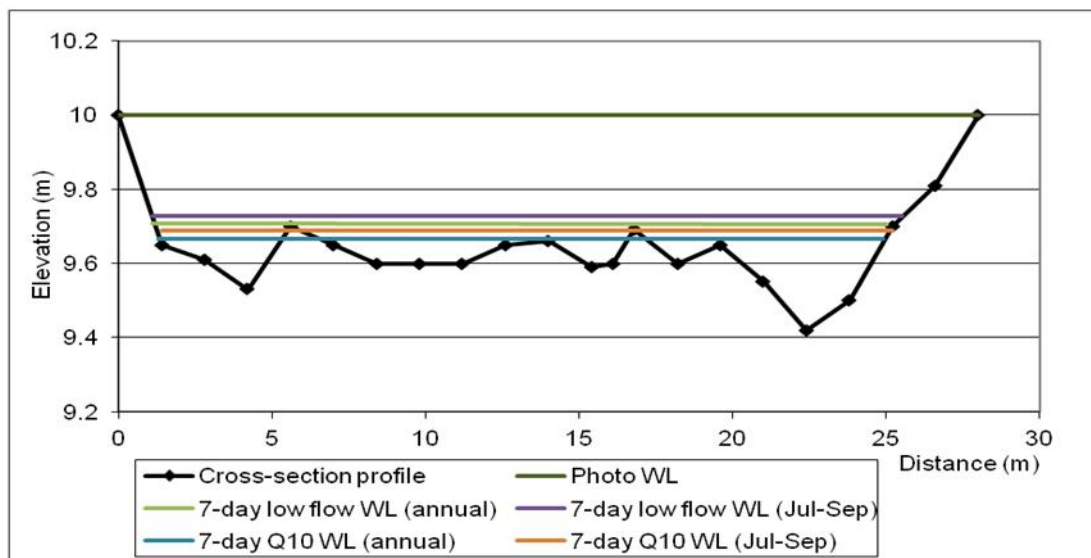
Tulokset eivät näytä enempää kuin 2 % vähennystä virtaamissa keskimääräisen vuoden aikana, vaikutuksen noustessa vain 4 – 5 % jopa kaikkein äärimmäisille kuiville virtausolosuhteille (eli kerran sadassa vuodessa kuivuuden kuukautinen keskiarvovirtaus ja vuotuinen keskiarvo 7-päivän Q₁₀ virtaus).

Hydrauliset laskelmat vedentasolle ja uomien kosteikoille perustuvat Manningsin kaavaan kalibroituna toukokuun 2011 vedentasaan ja virtausmittauksiin (valokuva 9-1).



Valokuva 9-1: Äkäsjoen yläjuoksu Valkeajoen liittymäkohdassa (SRK 10/05/2011), otettu joen virtaaman tarkkailukohdasta SW012

Vedentasot laskettiin alivirtaaman olosuhteille. Pienentyneen pohjavirtaaman vaikutus näytetään kuvassa 9-1 ja taulukossa 9-4. Tulokset osoittavat olemattomia muutoksia vedentasoissa ja virtaamaalueessa vastineena ennakoituihin muutoksiin pohjavirtaaman olosuhteissa kaivoksen tyhjentämisen takia.



Kuva 9-1: Äkäsjoen mittauspaikan poikkileikkaus, näyttäen tutkimuksen aikaiset ja ennakoidut vedentasot alivirtaaman olosuhteissa.

Taulukko 9-4: Vähentyneen pohjavirtaaman ennakoitu vaikutus Äkäsjoen uoman osalle.

Virtaama olosuhteet	Lähtötaso				Muutos parametreissä LOM			
	Virtaama m ³ /s	Veden korkeus m	Märkäpiiri m	Poikkileikkaus m ²	Virtaama m ³ /s	Veden korkeus m	Märkäpiiri m	Poikkileikkaus m ²
7 vrk vuosittainen alivirtaamajaks	1,1	9,71	24,24	2,6	-0,003	<0,01	-0,03	<0,1
7 vrk heinä-syyskuun keskialivirtaamajakso	1,34	9,72	24,47	2,9	-0,003	<0,01	-0,03	0,1
Vuosittainen 7 vrk Q10 keskivirtaama	0,55	9,67	22,19	1,6	-0,003	<0,01	-0,15	<0,1
7 vrk heinä-elokuun Q10 keskivirtaama	0,79	9,69	23,41	2,1	-0,003	<0,01	-0,15	<0,1

Toimintavaihe: Sivukiven läjitysalueiden suotovesien vaikutus virtaamien vedenlaatuun

Toimintavaiheen aikana kontaktivesi kaivosalueelta, kuten pintavesien valumat paljastuneiden pintojen yli, louhosten pumppauskuoppien vesi, pintavesien valumat sivukiven läjitysalueilta otetaan talteen ja ohjataan vedenkeräysaltaaseen alueella. Tätä vettä uudelleen käytetään alueella tai se käsitellään ennen pumppaamista Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle. Siten pintavesien valumien ei odoteta aiheuttavan merkittäviä muutoksia Äkäsjoen pintaveden laatuun. Kuitenkin sivukiven läjitysalueiden läpi pohjaveteen kulkevan suotoveden on mahdollista vaikuttaa virtavesien pohjavirtaaman laatuun.

Arvioita pohjaveden suodon määrästä ja laadusta Äkäsjokeen on tehty käyttäen kappaleessa 8.1.3 kuvailtuja menetelmiä ja vedenlaatu Äkäsjokeen ennakoitiin kevät- ja talvivirtaamien olosuhteiden konservatiivisten laimentumislaskelmien kautta. Arvioinnissa harkittiin jatkuvaa suotoa rikastushiekka-altaalta. Ennakoidut pitoisuudet joessa hahmotellaan taulukossa 9-5.

Mallin tulokset osoittavat, ettei tärkeimpien muuttujien kynnysarvojen ylityksiä ole ennakoitu kevään virtaamaolosuhteille. Talvikuukausien aikana on ennakoitu kadmiumin, kromin, elohopean ja uraanin kynnysarvojen ylityksiä. Kuitenkin kromin ja uraanin ennakoituja pitoisuuksia täytyy seurata tarkasti, koska näiden muuttujien ennakoitujen pitoisuuksien sivukiven läjitysalueiden pintavirtaamissa saattavat olla ylivarovaisia, kuten keskusteltu Kappaleessa 3.2.

Taulukko 9-5: Kaivoksen elinajan lopun Äkäsjoen vedenlaadun ennusteet

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS09		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet - kaivoksen elinajan loppu (mg/l)		Prosenttiosuus
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)
Keskeiset muuttujat							
Nitriitti	mg/L	0,0019	0,01	0,001			
Nitraatti	mg/L	0,073	20	0,012	0,012	0,013	2,5
Kloridi	mg/L	0,992	150	0,0008	0,0032	0,020	300
Sulfaatti	mg/L	4,4	65	3,2	3,3	3,3	2,1
Rauta	mg/L	0,4	0,98	0,28	0,29	0,29	2,1
Alumiini	mg/L	0,05	0,1	0,021	0,022	0,022	2,6
Arseeni	mg/L	0,000098	0,005	0,000065	0,000067	0,000074	3,5
Kadmium	mg/L	0,0000031	0,00008	0,0000025	0,0000028	0,0000044	11
Koboltti	mg/L	0,000077	0,004	0,00004	0,000043	0,000059	7,6
Kromi	mg/L	0,00032	0,001	0,00028	0,00032	0,00057	14
Kupari	mg/L	0,00047	0,005	0,00036	0,00037	0,00038	2,6
Elohopea	mg/L	0,0000026	0,00005	0,0000016	0,0000019	0,0000035	16
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,010	0,010	0,010	2,1
Molybdeeni	mg/L	0,00019	1	0,00017	0,00018	0,00019	3,3
Nikkeli	mg/L	0,0003	0,02	0,00021	0,00022	0,00023	3,1
Lyijy	mg/L	0,000052	0,0072	0,000036	0,000037	0,000037	2,1
Uraani	mg/L	0,0001	0,015	0,000092	0,00010	0,00015	0
Sinkki	mg/L	0,0016	0,03	0,00088	0,00092	0,0011	0
Muut muuttujat							
Fosfaatti	mg/L	0,011	0,017	0,0085	0,0063	0,0075	4,8
TOC	mg/L	7,7	14	5			
Kalsium	mg/L	3,1	4,8	2,7	3,2	3,2	2,2
Kalium	mg/L	0,49	0,82	0,39	0,38	0,40	2,6
Magnesium	mg/L	0,96	1,4	0,87	0,93	0,95	2,3
Natrium	mg/L	1,8	2,5	1,6	1,5	1,6	2,4
Pii	mg/L	6,1	10	4,8	4,2	4,2	2,1
Barium	mg/L	0,0052	0,01	0,0046	0,0082	0,0082	0
Strontium	mg/L	0,02	0,03	0,017	0,017	0,018	2,2
Antimoni	mg/L	0,00001	0,000014	0,000010	0,000012	0,000020	12

Huom, vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut arvot ovat hälytysrajojen ylityksiä

Sulkemisen jälkeinen: Sivukiven läjitysalueiden suotoveden ja Hannukaisen louhosjärven ylivuodon vaikutus virtaamien veden määrään ja laatuun

Kuvaus

Kaivostoiminnan lopettamisen jälkeen Hannukaisen louhos täytetään keinotekoisesti, kuten kerrottu Kappaleessa 9-6 ja kokonaan kuvailtuna Liitteessä K. Kerran täytyttyään Hannukaisen louhosjärvellä on positiivinen vesitase (Liite K) ja ylimääräinen vesi louhosjärvestä virtaa Äkäsjokeen. Kuervitikosta vesi virtaa Kuerjokeen ja sieltä seuraavaksi Äkäsjokeen. Suljettaessa ei sivukiven läjitysalueista ennakoida suotovesien suoraa pääsyä

Äkäsjokeen; suotovesi laskee louhosjärveen ja sekoittumisprosessi louhosjärvessä määrittelee louhosjärven yläkerroksista Äkäsjokeen päästetyn vedenlaadun.

Vedenlaadun ennusteet Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärville on selostettu täysin Kappaleessa 9.7. Ennusteet on tehty louhosjärven ensimmäisestä ylivuotamisesta ja vakaasta vaiheesta. Lisäksi annetaan kaksi louhosjärvien laatuennustetta, yksi jossa oletetaan, että mahdollisesti happoa tuottavan sivukiven läjitysalueen suotovesi on yhdenmukainen kosteuskammiotestin tuloksien kanssa (HCT taulukossa 9-7) ja toinen olettaen, että mahdollisesti happoa tuottavan sivukivimateriaalin suotovesi on yhdenmukainen NAG-testin (hapontuottopotentiaalin määrittäminen) tuloksien kanssa (NAG tulokset taulukossa 9-7). Näiden kahden testin tuloksiin perustuvia vedenlaatuennusteita tarkastellaan taulukossa 9-7 tarjotakseen rajoja todennäköiselle jokiveden laadulle; todellisen sivukiven läjitysalueiden valumien vedenlaadun odotetaan olevan jossain näiden kahden tuloksen välissä. Täydelliset yksityiskohdat annetaan Kappaleessa 9.7.

Louhosjärvien vedenlaadun vaikutus Äkäsjoen virtaamavedenlaatuun hahmotellaan taulukossa 9-7, joka antaa Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärvien ylivuotoa koskevien laimentumislaskelmien tulokset.

Virtaaman arviointi

Tavallisten valumaolosuhteiden aikana mallinnus ennustaa vuotuisen virtaaman määrän Hannukaisen louhosjärvestä Äkäsjokeen olevan noin 1.200.000 m³/vuodessa (Liite K). Kuukausittaiset virtausten jakautumiset näytetään Taulukossa 9-13, jossa ne esitetään prosenttiosuuksina virtaamista Äkäsjokeen kaivoksen läheisyydessä. Mallinnuksessa toimintojen aikana virtaamat Äkäsjokeen vähenivät, johtuen pohjavirtaaman vähenemisestä ja jokeen virtaavan valuma-alueen pientymisestä. Sulkemisvaiheessa Hannukaisen louhosjärvelle käännetty valuma-alue yhdistetään takaisin Äkäsjoen valuma-alueeseen ja pohjavirtaaman ennakkoidaan palaavan rakentamista edeltäneisiin olosuhteisiin, kun alueellinen pohjavedentaso palaa lähelle rakentamista edeltävään tasoon. Siten sulkemisvaiheessa Äkäsjoen virtaamien ennakkoidaan palaavan lähelle lähtötason olosuhteita. Hannukaisen louhosjärven ylivuotamisen vuoksi lisääntyneet virtaamat Äkäsjokeen näytetään taulukossa 9-6 olevan samanlaiset toiminnan aikaisen hävikin kanssa, kuten taulukossa 9-2.

Vaikutusten arviointi ilman lieventämistoimia

Tulokset osoittavat, että louhosjärvien vesien ensimmäisen ylivuodon jokeen ennakkoidaan ylittävän usean tärkeän parametrin kynnysarvot, mukaan lukien kadmium, koboltti, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli ja uraani monissa virtausolosuhteiden ja sivukiven läjitysalueiden valumavesien laadun yhdistelmissä. Kupariennusteiden ennakkoidaan ylittävän hälytysrajat keskimääräisten talvivirtausolosuhteiden aikana, perustuen NAG-testin tietoihin sivukiven läjitysalueiden valumavesistä. Tämän vuoksi on todennäköistä, että kupariennusteet NAG-testin tiedolle on yliarvioitu, olettaen pH:n louhosjärvissä olevan pienempi kuin NAG ennusteissa on käytetty.

Vakaan olotilan tulovesien olosuhteet ennakoivat louhosjärvien huonompaa vedenlaatua verrattuna ensimmäiseen ylivuotoon. Tämä ei ole odottamatonta, koska ensimmäisen ylivuodon tulokset sisältävät laimentumisen louhosjärviin pumpatusta vedestä, jota käytettiin louhoksen täyttämiseen käytetyn ajan vähentämiseksi. Mallin tulokset ehdottavat mahdollisia

raudan, alumiinin, koboltin, kromin ja kuparin hälytysrajojen ylityksiä, useimmat ylitykset (kaikki paitsi kromi) sivukiven läjitysalueiden suotovesissä perustuvat NAG-tuloksien skenaarioon. Kynnysarvojen ylityksiä ennakoidaan kaikille tärkeille muuttujille, paitsi nitraatille ja kloridille.

Louhosjärvien vedenlaatuennusteet olettavat Hannukaisen louhokselle mahdollisesti matalaa pH arvoa (pH 5,5 ensimmäiselle ylivuodolle ja pH 3,5 vakaalle tilalle) ja Kuervitikon louhokselle (pH 3,8 ensimmäiselle ylivuodolle; pH 6,2 vakaalle tilalle). Siten ilman lievennystoimia on riski, että Äkäsjoen happamuusarvot putoavat pH 6 ja pH 9 hälytysrajojen ulkopuolelle.

Kuten mainittuna yllä ja Kappaleessa 9.7 'vakaan tilan' tuloksia tulee pitää konservatiivisina (korkeina), mutta ne ilmaisevat huonolaatuisen veden mahdollisuutta louhosjärvissä ja tämän seurauksen vaikutusta Äkäsjokeen. Tulokset osoittavat, että lisää mallinnustyötä ja lieventämistoimien kehitystä tarvitaan tuottamaan hyväksyttävä vedenlaatu Äkäsjokeen.

Lievennettyjen vaikutusten arviointi

Kuten hahmoteltu Kappaleessa 9.7 Hannukaisen louhosjärven pintakerroksen vedenlaatu riippuu useasta kemiallisesta (mm. sivukiven läjitysalueiden ja louhosten seinämien valumavesien laadusta) sekä fysikaalisesta tekijästä (mm. fysikaalisen kerrostumisen tai stratifikaation läsnäolosta louhosjärvessä.) Kuitenkin huolimatta näistä epävarmuustekijöistä, kaksi mahdollista lieventämistoimea, mitä voidaan käyttää, ovat:

- 1) Alkaliinisen kiven lisääminen (kalkkikivi, CaCO_3) mahdollisesti happoa tuottavan sivukiven läjitysalueisiin; ja
- 2) Alkaliinisen lisäaineen⁶ lisääminen (kuten kalkki, CaO) Kuervitikon louhosjärveen korjaamaan alkujaan huonoa vedenlaatua.

Laskelmat mahdollisesti happoa tuottavien sivukiven läjitysalueiden neutraloimiseksi tarvittavan kalkkikiven massan määrästä ja tarvittava kalsiumoksidi neutralisoimaan (eli nostamaan pH arvoa) Kuervitikon louhosjärvi annetaan Kappaleessa 9.7. yhdessä siitä seuraavien louhosjärvien vedenlaadun arviointien kanssa. Kalkkikiven lisäämisen vaikutukset Äkäsjoen vedenlaatuun on yhteenvedetty taulukossa 9-8. Tulokset osoittavat huomattavaa parannusta hapontuottopotentiaalin määrittämisen tuloksiin vedenlaadun ennusteissa, erityisesti vakaan tilan mallin tuloksissa, neutraloidun sivukiven läjitysalueen valuman näyttäessä mahdollisia hälytysrajojen ylityksiä ainoastaan kromille. Mitkään parametrit eivät näytä ylittävän hälytysrajoja ensimmäisen ylivuodon tapauksessa, kuparipitoisuuksien huomattavien vähentymisien kanssa. Kalkin lisääminen Kuervitikon louhosjärviin tuottaa

6

Tässä yhteydessä alkalinen lisäaine on aine, joka on lisätty kaivoslaitokseen (sivukiven läjitysalue, louhosjärvi, rikastushiekka-allas) riittävässä määrin neutralisoimaan kaikki tuotettu happamuus ja varmistamaan neutraali pH

ainoastaan parannuksia vedenlaatuun verrattuna lähtötason hapontuottopotentiaalin määrittämisen ennusteeseen. Tuloksia ei ole annettu yhteisvaikutuksesta kalkkikiven lisäämisestä mahdollisesti happoa tuottaviin sivukiven läjitysalueisiin ja kalkin lisäämisestä Kuervitikon louhosjärveen, koska sen on ajateltu olevan tarpeeton toimenpide.

Vaikutus, mikä havainnoinnin puutteilla on sivukiven läjitysalueista valittuihin muuttujiin, kuten kromin ennusteisiin, on käyty läpi kappaleessa 9.7.

Taulukko 9-7: Hannukaisen kerran täytetyn louhosjärven ennakoitu kuukausittainen valuma

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
Keskimääräinen kuukausittainen ylivuoto Hannukaisen louhoksesta (m ³ /s)	^a 0,016	^a 0,016	^a 0,016	^a 0,015	0,208	0,024	0,036	0,043	0,049	0,058	^a 0,015	^a 0,016
Ylivuodon prosenttiosuus Äkäsjoen virtaamasta	1	1	1	1	1	0,3	1	1	1	1	0,4	1

a Nämä ovat anvioita ja valuma louhosjärveltä voi jäädä tapahtumatta, kun louhosjärvi ja alaviran vesistöt ovat jäätyneet

Taulukko 9-8: Äkäsjoele ilman lieventämistoimia ennakoitua sulkemisen jälkeiset vedenlaatuennusteet

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS09		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet – Ensimmäinen vuoto				Ennakoidut pitoisuudet – Vakaaan tilan olosuhteet			
		TV	AV		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu	
					Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Keskeiset muuttujat												
Nitraatti	mg/L	0,073	20	0,012	0,016	0,018	0,016	0,018	0,042	0,035	0,044	0,036
Kloridi	mg/L	0,992	150	0,0008	0,029	0,074	0,021	0,055	0,83	0,58	0,5	0,29
Sulfaatti	mg/L	4,4	65	3,2	3,5	3,7	3,7	4,2	5,6	5,1	19	17
Rauta	mg/L	0,4	0,98	0,28	0,28	0,28	0,33	0,4	0,29	0,28	1,8	1,6
Alumiini	mg/L	0,05	0,1	0,021	0,021	0,022	0,024	0,029	0,031	0,023	0,57	0,49
Arseeni	mg/L	0,000098	0,005	0,000065	0,000072	0,000086	0,00007	0,000081	0,00017	0,0001	0,0002	0,00013
Kadmium	mg/L	0,0000031	0,00008	0,0000025	0,000004	0,0000068	0,0000039	0,0000064	0,000034	0,000017	0,000046	0,000027
Koboltti	mg/L	0,000077	0,004	0,00004	0,00006	0,0001	0,00035	0,00085	0,00077	0,00054	0,016	0,013
Kromi	mg/L	0,00032	0,001	0,00028	0,00036	0,00067	0,00035	0,00063	0,0036	0,0012	0,0039	0,0015
Kupari	mg/L	0,00047	0,005	0,00036	0,00038	0,00042	0,0031	0,0076	0,00089	0,00049	0,16	0,13
Elohopea	mg/L	0,0000026	0,00005	0,0000016	0,0000023	0,0000044	0,0000022	0,0000041	0,000036	0,000019	0,000027	0,000012
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,01	0,011	0,013	0,011	0,012	0,055	0,047	0,05	0,043
Molybdeeni	mg/L	0,00019	1	0,00017	0,00021	0,00028	0,00019	0,00022	0,00069	0,00049	0,00074	0,00053
Nikkeli	mg/L	0,0003	0,02	0,00021	0,00026	0,00035	0,00057	0,0012	0,0008	0,00058	0,018	0,015
Lyijy	mg/L	0,000052	0,0072	0,000036	0,000039	0,000041	0,000042	0,000047	0,000048	0,000046	0,00042	0,00037
Uraani	mg/L	0,0001	0,015	0,000092	0,00016	0,00026	0,00016	0,00027	0,0033	0,0024	0,0029	0,0021
Sinkki	mg/L	0,0016	0,03	0,00088	0,00099	0,0012	0,0011	0,0015	0,0029	0,0016	0,0094	0,0071
Muut muuttujat												
Fosfaatti	mg/L	0,011	0,017	0,0085	0,0068	0,0089	0,0068	0,0087	0,02	0,01	0,033	0,023
TOC	mg/L	7,7	14	5								
Kalsium	mg/L	3,1	4,8	2,7	3,2	3,4	3,2	3,3	6,7	5,9	4,1	3,7
Kalium	mg/L	0,49	0,82	0,39	0,45	0,57	0,41	0,48	4,1	3,5	2,6	2,1
Magnesium	mg/L	0,96	1,4	0,87	0,93	0,97	0,94	0,98	1,8	1,5	2	1,7
Natrium	mg/L	1,8	2,5	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6	3,3	2,8	2,8	2,3

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS09		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet – Ensimmäinen vuoto				Ennakoidut pitoisuudet – Vakaan tilan olosuhteet			
		TV	AV		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu	NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu	HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu	NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu	HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu	NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		
					Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Pii	mg/L	6,1	10	4,8	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Barium	mg/L	0,0052	0,01	0,0046	0,008	0,0081	0,008	0,0081	0,0081	0,0081	0,008	0,008
Strontium	mg/L	0,02	0,03	0,017	0,018	0,019	0,017	0,018	0,042	0,037	0,025	0,022
Antimoni	mg/L	0,00001	0,000014	0,00001	0,000064	0,00015	0,000014	0,000025	0,0021	0,0017	0,00015	0,000073

Huom, vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut arvot ovat hälytysrajojen ylityksiä

Taulukko 9-9: Ääksjoelle ennakoitua vedenlaatuennusteet, lievennettynä kalkkikiven lisäämisellä mahdollisesti happoa tuottavan sivukiven läjitysalueisiin tai Kuervitikon louhosjärveen

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS09		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet– Ensimmäinen vuoto				Ennakoidut pitoisuudet– Vakaan tilan olosuhde	
		TV	AV		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkia lisättynä Kuervitikkoon		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkikiveä lisätty PAF WRD:n		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkikiveä lisätty PAF WRD:n	
					Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Keskeiset muuttujat										
Nitraatti	mg/L	0,073	20	0,012	0,018	0,016	0,016	0,018	0,043	0,036
Kloridi	mg/L	0,992	150	0,0008	0,055	0,021	0,021	0,055	0,49	0,28
Sulfaatti	mg/L	4,4	65	3,2	4,2	3,7	3,6	4	11	9,4
Rauta	mg/L	0,4	0,98	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,28
Alumiini	mg/L	0,05	0,1	0,021	0,022	0,021	0,022	0,025	0,03	0,022
Arseeni	mg/L	0,000098	0,005	0,000065	0,000071	0,000065	0,00007	0,000081	0,00016	0,000098
Kadmium	mg/L	0,0000031	0,00008	0,0000025	0,0000064	0,0000038	0,0000035	0,0000055	0,000027	0,000011
Koboltti	mg/L	0,000077	0,004	0,00004	0,00084	0,00035	0,00011	0,00021	0,0011	0,00084
Kromi	mg/L	0,00032	0,001	0,00028	0,00056	0,00031	0,00035	0,00063	0,0035	0,0011
Kupari	mg/L	0,00047	0,005	0,00036	0,00063	0,00049	0,00049	0,00066	0,00077	0,00047
Elohopea	mg/L	0,0000026	0,00005	0,0000016	0,0000039	0,0000021	0,0000021	0,000004	0,000024	0,000009
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,01	0,012	0,011	0,01	0,011	0,014	0,013
Molybdeeni	mg/L	0,00019	1	0,00017	0,00021	0,00019	0,00019	0,00022	0,00063	0,00043
Nikkeli	mg/L	0,0003	0,02	0,00021	0,0011	0,00055	0,00025	0,00032	0,00063	0,00044
Lyijy	mg/L	0,000052	0,0072	0,000036	0,000036	0,000036	0,000039	0,000041	0,000046	0,000043
Uraani	mg/L	0,0001	0,015	0,000092	0,00027	0,00016	0,00016	0,00027	0,0029	0,0021

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS09		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet– Ensimmäinen vuoto				Ennakoidut pitoisuudet– Vakaan tilan olosuhde	
		TV	AV		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkia lisättynä Kuervitikkoon	NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkikiveä lisätty PAF WRD:n	NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkikiveä lisätty PAF WRD:n	NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkikiveä lisätty PAF WRD:n	Ennakoidut pitoisuudet– Vakaan tilan olosuhde	
					Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Sinkki	mg/L	0,0016	0,03	0,00088	0,0014	0,0011	0,00096	0,0011	0,0029	0,0015
Muut muuttujat										
Fosfaatti	mg/L	0,011	0,017	0,0085	0,0075	0,0062	0,0068	0,0086	0,018	0,01
TOC	mg/L	7,7	14	5						
Kalsium	mg/L	3,1	4,8	2,7	3,6	3,4	3,2	3,3	4,1	3,8
Kalium	mg/L	0,49	0,82	0,39	0,48	0,41	0,42	0,49	2,4	2
Magnesium	mg/L	0,96	1,4	0,87	0,98	0,94	0,93	0,98	1,4	1,2
Natrium	mg/L	1,8	2,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	2,8	2,3
Pii	mg/L	6,1	10	4,8	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Barium	mg/L	0,0052	0,01	0,0046	0,0081	0,008	0,008	0,0081	0,008	0,008
Strontium	mg/L	0,02	0,03	0,017	0,018	0,017	0,017	0,018	0,025	0,022
Antimoni	mg/L	0,00001	0,000014	0,00001	0,000025	0,000014	0,000014	0,000025	0,00018	0,000092

Huom, vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut arvot ovat hälytysrajojen ylityksiä

9.2 Kuerjoki

Toimintavaihe: Louhosten tyhjentäminen ja muutokset luonnolliseen valumakuviin

SRK:n pohjavesimallit osoittavat, että Hannukaisen kaivoksen avolouhoksiin yhdistetyt tyhjentämistoimenpiteet mahdollisesti vähentävät pohjavirtaaman panosta Kuerjokeen suurimmalla vähennyksellä, 1.124 m³ päivässä, (vastaa 13 l/s Toimintavaihe: Louhosten tyhjentäminen ja muutokset luonnolliseen valumaantai 0,0133 m³/s) tapahtuen kaivostoimintojen 19. vuodelle (eli kaivoksen elinaika) (SRK, 2012a).

Kaivosalueen rakentaminen tulee myös aiheuttamaan valuma-alueiden noin 0,7 %:n pienenemisen lähtötilanteeseen verrattuna, vaikuttaen vesien virtaamiin kesäkuukausina (Taulukko 9-9).

Taulukko 9-10: Kuerjoen kaivosalueen alueet

Kaivoksen osa	Kaivoksen osan alue Kuerjoen valuma-alueella (km²)
Hannukaisen louhos	0
Kuervitikon louhos	0,46
PAF ITÄ WRD	0
NAF ITÄ WRD	0
OB ITÄ WRD	0,65
PAF LÄNSI WRD	0
NAF LÄNSI WRD	0
OB LÄNSI WRD	0
Vedenkeräysallas	0
Poistetut alueet yhteensä	1,11
Luonnollinen valuma-alue	162
% valuma-alueista poistettu	0,7%

Kuukausittaisten virtaamien prosentuaalinen vähennys arvioituille kausittaisille purkuvirtauksille on esitetty taulukossa 9-10. Ennakoitu virtaus ja prosentuaalinen muutos 7 päivän alivirtaamassa sekä 7 päivän arviot on esitetty taulukossa 9-11.

Taulukko 9-11: Kuerjoen virtaamien ennakoitu muutos johtuen rakentamisen jälkeisen pohjavirtaaman ja pintaveden valumien vähenemisestä (kaivoksen elinaika)

	Virtaaman prosentuaalinen vähennys lähtötason tilanteesta %											
	Tam	Hel	Mar	Huh	Tou	Kesä	Hei	Elo	Syys	Lok	Mar	Jou
1/100, KUIVA	6	7	7	7	1	2	4	5	4	3	4	5
1/50 KUIVA	6	7	7	6	1	2	3	4	4	3	4	4
1/10 KUIVA	4	5	5	4	1	2	3	3	3	2	2	3
Keskivirtaama	3	4	4	2	1	1	2	2	2	2	1	2
1/10 MÄRKÄ	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1/50 MÄRKÄ	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1/100 MÄRKÄ	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1

Perustuu ainoastaan ennakoituun muutokseen perusvirtaamassa

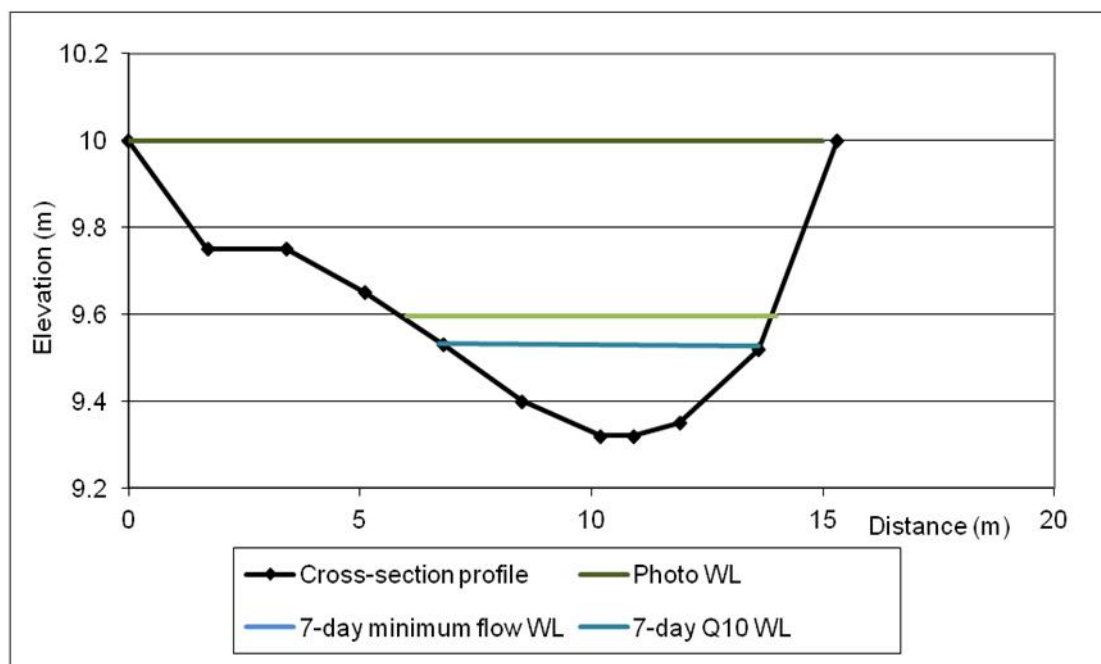
Tulokset eivät näytä enempää kuin 4 % muutoksen virtavesien virtaamassa tavallisen vuoden talvikuukausien aikana. Kuivempina vuosina tai erittäin kuivien jaksojen aikana virtavesien virtaamien ennakoitaan kuitenkin vähenevän 7 – 9 % (eli kerran sadassa vuodessa kuivuuden kuukausittaisen virtaaman keskiarvo ja 7 päivän vuosittainen Q_{10} virtaaman keskiarvo)

Ennakoidut virtaaman vähentymiset on kuvattu Äkäsjoen liittymäkohdasta Kuerjoen ylävirtaan, missä SRK teki virtaamamittauksia toukokuussa 2011, Valokuva 9-2.



Valokuva 9-2: Kuerjoki Äkäsjoen liittymäkohdasta ylävirtaan (SRK 11.5.2011), otettu joen virtaaman tarkkailukohdasta SW017

Kuva 9-2 esittää vedenkorkeudet poikkileikkauskohdalla tarkkailupäivänä ja ennakoidut vedenkorkeudet alivirtaama olosuhteissa.



Kuva 9-2: Kuerjoen poikkileikkaus mittauspaikalla SW17, näyttäen tutkimuksen aikaiset vedentasot ja ennakoidut vedentasot alivirtaaman olosuhteissa

Hydraulisten laskelmaennusteiden virtaaman, vedentason, kostean alueen ulkoreunan ja alueen poikkipinnan muutoksen ennusteet Kuerjoen uoman osuuksilla on esitetty taulukossa 9-12. Tulokset osoittavat muutosten aiheuttavan yli 0,01m muutoksen veden tasoihin ja alle 0,1 m³ muutoksen virran virtaus alueessa.

Taulukko 9-12: Vähentyneen pohjavirtaaman vaikutus Kuerjoen uoman osalle

Virtaama olosuhteet	Lähtötaso				Muutos parametreissä kaivoksen elinaikana			
	Virtaama m ³ /s	Veden korkeus m	Märkäpiiri m	Poikkileikkaus m ²	Virtaama m ³ /s	Veden korkeus m	Märkäpiiri m	Poikkileikkaus alue m ²
7 vrk (vuosittainen) alivirtaama	0,27	9,60	8,04	1,4	-0,013	-0,01	-0,11	<0,1
7 vrk (heinä-syyskuun) alivirtaama	0,27	9,60	8,04	1,4	-0,013	-0,01	-0,11	<0,1
7 vrk (vuosittainen) Q10	0,15	9,53	6,84	0,9	-0,013	-0,01	-0,21	<0,1
7 vrk (heinä-elokuun) Q10	0,15	9,53	6,84	0,9	-0,013	-0,01	-0,21	<0,1

Toimintavaihe: Jätealueiden suotovesien vaikutus virtavesien vedenlaatuun

Toimintavaiheen aikana kontaktivesi kaivosalueelta, kuten pintavesien valumat paljastuneiden pintojen yli, louhosten pumppauskuoppien vesi ja pintavesien valumat jätealueilta tai kasatuilta rikastushiekoilta otetaan talteen ja ohjataan selkeytysaltaaseen. Tätä vettä käytetään uudelleen alueella tai käsitellään ennen Rautuvaaran rikastushiekka-altaille päästämistä.

Ainoa Kuerjokeen virtaava pintavesi kaivostoimintojen vaikuttamilta alueilta on valumavesi Kuervitikon louhoksen läheisyydessä sijaitsevilta irtomaan kasoilta. Näiden irtomaakasojen valumavesillä ei ennakoida olevan haitallista vaikutusta joen vedenlaatuun.

Pohjaveden mallinnus ennakoi, että kaivosalueelta ei tule suotoa Kuerjokeen.

Sulkemisen jälkeen: Kuervitikon louhosjärven ylivuodon vaikutus virtavesien veden määrään ja laatuun

Kuvaus

Sulkemistoimien jälkeen Kuervitikon louhos täytetään keinotekoisesti kuten kerrottu kappaleessa 7.1.1. Täyttämisen prosessin yksityiskohdat ja louhosjärven täyttämiseen käytettävän veden päälähteet kerrotaan liitteessä K.. Kerran täytyttyään Kuervitikon louhosjärvellä on positiivinen vesitasapaino (Liite K) ja louhosjärveen keräytyvä ylimääräinen vesi virtaa Kuerjokeen. Sulkemisvaiheessa on ennakoitu, ettei suotovesiä miltään jätealueelta tule suoraan Kuerjokeen.

Vedenlaadun ennuste Kuervitikon louhosjärvelle on selostettu kokonaisuudessaan kappaleessa 9.7. Ennusteet on tehty ensimmäiselle ylivuotamiselle ja vakaalle tilalle. Lisäksi on annettu kaksi louhosjärvien vedenlaatuennustetta, ensimmäinen missä oletetaan, että mahdollisesti happoatuottavien sivukiven läjitysalueiden suotovesi on yhdenmukainen kosteuskammiotestin tuloksien kanssa (kosteuskammiotesti taulukossa 9-7) ja toinen olettaen, että mahdollisesti happoatuottavan jättekivimateriaalin suotovesi on yhdenmukainen NAG-testin tuloksien kanssa (NAG-testin tulokset taulukossa 9-14). Näiden kahden testin tuloksiin perustuvia vedenlaatuennusteita tarkastellaan taulukossa 9-7 rajojen tarjoamiseksi todennäköisille jokiveden laaduille; todellisen sivukiven läjitysalueiden valuman laadun odotetaan olevan jossain näiden kahden tuloksen välissä. Täydet tiedot annetaan kappaleessa 9.7

Louhosjärvien vedenlaadun vaikutus Kuerjoen virtavesien vedenlaatuun hahmotellaan taulukossa 9-14, joka antaa Kuervitikon louhosjärven ylivuotoa koskevien laimennus laskelmien tulokset.

Virtaaman arviointi

Tavallisten sademäärien olosuhteissa mallinnus ennusti vuotuisen virtaaman Kuervitikon louhosjärvestä Kuerjokeen olevan noin 690.000 m³/vuosi (Liite K). Kuukausittainen virtausten jakauma näytetään taulukossa 9-13, missä ne esitetään prosenttiosuuksina virtavesien virtaamista Kuerjoen suulla. Toimintojen aikana Kuerjokeen tulevat virtaamat vähenivät pohjavirtaaman vähenemisen ja jokeen virtaavan valuma-alueen pienentymisen takia. Sulkemisvaiheessa Kuervitikon louhosjärvelle käännetty valuma-alue yhdistetään takaisin Kuerjokeen ja pohjavirtaaman ennakoitaan palaavan kehittämistä edeltäneisiin tasoihin alueellisen pohjaveden tason palatessa lähelle kehittämistä edeltänyttä tasoa. Siten lopettamisvaiheessa Kuerjoen virtaamien ennakoitaan palaavan lähtötason olosuhteisiin. Lisäykset virtaamassa Kuervitikon louhosjärvestä Kuerjokeen on esitetty taulukossa 9-13 olevan samankaltaiset kuin toimintojen aikaiset häviöt taulukossa 9-10.

Vaikutusten arviointi ilman lieventämistoimia

Tulokset osoittavat, että louhosjärvien ensimmäiselle ylivuodolle jokeen, kynnysarvojen ennakkoidaan ylittävän kaikkien tärkeimpien parametrien osalta ja hälytysrajojen ennakkoidaan ylittävän kromin (talvikuukaudet) ja kuparin osalta. Kupariennusteiden ennakkoidaan ylittävän hälytysrajat tapauksissa, joissa on saatavilla NAG-testien tiedot sivukivien läjitysalueiden valumien laadusta. Kuitenkin kappaleessa 9.7 on huomautettu, että kupariennusteet ovat erittäin herkkiä sivukivien läjitysalueiden valuman ja louhosjärven pH:lle. Tämän vuoksi on todennäköistä, että NAG tietojen kupariennusteet ovat korkeita olettaen, että pH louhosjärvissä on pienempi kuin NAG ennusteissa on käytetty. Lisäksi sivukiven läjitysalueiden valumavesien kromipitoisuuksien ennusteet saattavat olla ylikonservatiivisia, kuten kerrottu kappaleessa 9.7 ja tämän takia kromin korkeita pitoisuuksia tulee tarkastella varautuneesti.

Tulokset vakaan tilan tulovedelle ovat hieman erilaiset. Kuervitikon louhosjärven täyttämisen aikana mahdollisesti happoatuottavien sivukivien läjitysalueiden suotoveden ennakkoidaan virtaavan Kuervitikon louhokseen; kuitenkin, kun Hannukaisen louhosjärvi on täynnä ja pohjavesitasot ovat palautuneet lähelle rakentamiselta edeltäneitä tasoja, mahdollisesti happoatuottavan sivukivien läjitysalueen suotoveden ennakkoidaan virtaavan ainoastaan Hannukaisen louhosjärveen. Tämän takia joidenkin parametrien vakaan tilan ennusteet (esim. kupari) ovat matalampia kuin ensimmäisen vuodon ennusteet. Kuitenkin vakaan tilan ennusteet viittaavat siihen, että kaikki muut parametrit paitsi rauta saattavat ylittää kynnysarvot ja kromin sekä elohopean pitoisuuksien ennakkoidaan ylittävän hälytysrajat.

Louhosjärven vedenlaatuennuste viittaa matalan pH arvon mahdollisuuteen Kuervitikon louhoksella (pH 3,8 ensimmäiselle ylivuodolle; pH 6,2 vakaalle tilalle). Siten ilman lieventämistoimia on vaara, että Kuerjoen pH tippuu hälytysrajojen rajoitusten pH 6 ja pH 9 ulkopuolelle.

Lievennettyjen vaikutusten arviointi

Kuten hahmoteltu kappaleessa 9.7, Kuervitikon louhosjärven pintakerroksen vedenlaatu riippuu useasta kemiallisesta (mm. sivukivien läjitysalueiden ja louhosten seinämien valumavesien laadusta) sekä fysikaalisesta tekijästä (mm. fysikaalisesta kerrostumisesta tai louhosjärven stratifikaatiosta). Kuitenkin näistä epävarmuustekijöistä huolimatta yksi lieventämistoimi, jota voidaan käyttää paikalla, on alkaliinisen lisäaineen lisääminen (kalkki, CaO) Kuervitikon louhosjärveen sen täytyessä. Kuten hahmoteltu yläpuolella, mahdollisesti happoatuottavien sivukivien läjitysalueet lisäävät suotovettä louhosjärveen täyttöprosessin aikana; täten louhosjärven täyttymisen aikaisella neutralisoimisella on mahdollista vähentää usean parametrin pitoisuuksia.

CaO:n lisäämisen vaikutus Kuerjoen vedenlaatuun on yhteenvedetty taulukossa 9-15. Tulokset osoittavat vähäisiä parannuksia vedenlaadun ennusteisiin alkuperäisistä NAG tuloksista (Taulukko 9-15), joidenkin metallien kuten alumiinin, kuparin ja raudan parannuksilla. Huomattavin parannus vedenlaadussa on kuparilla, kuparipitoisuuksien laskiessa hälytysrajojen alapuolelle CaO:n lisäyksen jälkeen. Tulokset kuitenkin osoittavat kynnysarvojen ylityksiä useimmille keskeisille parametreille ja kromin hälytysrajojen ylitystä. Lisämallinnusta ja -lieventämistoimia todennäköisesti tarvitaan Kuervitikon louhosjärven vedenlaadun parantamiseksi.

Taulukko 9-13: Kuervitikon täytetyn louhosjärven kuukausittainen valuma

	Tam	Hel	Mar	Huh	Tou	Kesä	Hei	Elo	Syys	Lok	Mar	Jou
Keskimääräinen kuukausittainen ylivuoto Kuervitikon louhoksesta (m ³ /s)	a0,017	a0,017	a0,017	a0,017	0,069	0,024	0,026	0,028	0,030	0,033	a0,017	a ^a 0,017
Ylivuodon prosentuaalinen osuus Kuerjoen virtaamasta	+4	+5	+5	+2	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+3

a Nämä ovat arvioita ja valumaa louhosjärveltä ei välttämättä tapahdu talvi kuukausina, kun louhosjärvi ja alaviran vesistöt ovat jäätäneet

Taulukko 6-14:Ennakoidut sulkemisen jälkeiset vedenlaatuennusteet Kuerjoelle

Parametri	Yksikkö	WQO – FS40		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet – Ensimmäinen vuoto				Ennakoidut pitoisuudet – Vakaan tilan olosuhteet			
		TV	AV		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu	
					Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Keskeiset parametrit												
Nitraatti	mg/L	0,0068	20	0,002	0,0041	0,01	0,004	0,0099	0,018	0,0045	0,018	0,0045
Kloridi	mg/L	0,6	150	0,5	0,54	0,68	0,53	0,63	1,2	0,59	1,2	0,59
Sulfaatti	mg/L	2,3	65	2	2,3	3	2,7	4,5	2,9	2,1	2,9	2,1
Rauta	mg/L	0,43	0,72	0,32	0,32	0,33	0,42	0,68	0,35	0,32	0,34	0,32
Alumiini	mg/L	0,0381	0,1	0,027	0,028	0,032	0,033	0,049	0,061	0,031	0,06	0,031
Arseni	mg/L	0,000086	0,005	0,000059	0,000072	0,00012	0,000068	0,0001	0,00032	0,000096	0,00029	0,000092
Kadmium	mg/L	0,0000035	0,00008	0,0000025	0,0000049	0,000015	0,0000046	0,000013	0,000063	0,00001	0,000063	0,00001
Koboltti	mg/L	0,000043	0,004	0,000025	0,000067	0,00021	0,0007	0,0024	0,00063	0,0001	0,00063	0,0001
Kromi	mg/L	0,00038	0,001	0,00035	0,00055	0,0016	0,00053	0,0015	0,01	0,0016	0,0097	0,0015
Kupari	mg/L	0,00033	0,005	0,0002	0,00024	0,00037	0,0063	0,022	0,0018	0,00041	0,0014	0,00035
Elohopea	mg/L	0,000001	0,00005	0,000001	0,0000026	0,00001	0,0000023	0,0000093	0,000061	0,0000086	0,000061	0,0000086
Mangaani	mg/L	0,0039	0,7	0,0029	0,0053	0,011	0,0048	0,0096	0,0065	0,0035	0,0065	0,0035
Molybdeeni	mg/L	0,00022	1	0,00014	0,00022	0,00046	0,00017	0,00028	0,00079	0,00023	0,00078	0,00023
Nikkeli	mg/L	0,0002	0,02	0,00012	0,00023	0,00055	0,00091	0,0029	0,00077	0,00021	0,00077	0,00021
Lyijy	mg/L	0,000046	0,0072	0,000037	0,000039	0,000044	0,000044	0,000062	0,000042	0,000038	0,000041	0,000038
Uraani	mg/L	0,00011	0,015	0,00011	0,0002	0,00053	0,00022	0,00062	0,0021	0,00036	0,0021	0,00036
Sinkki	mg/L	0,0018	0,03	0,001	0,0012	0,0021	0,0014	0,0027	0,0064	0,0017	0,0064	0,0017
Muut parametrit												
Fosfaatti	mg/L	0,011	0,017	0,0085	0,01	0,018	0,01	0,017	0,046	0,014	0,037	0,013
TOC	mg/L	7,7	14	5								
Kalsium	mg/L	3,1	4,8	2,7	2,9	3,6	2,8	3,1	3,8	2,8	3,8	2,8
Kalium	mg/L	0,49	0,82	0,39	0,55	0,98	0,47	0,71	1	0,47	1	0,47
Magnesium	mg/L	0,96	1,4	0,87	0,91	1	0,92	1,1	1,5	0,95	1,5	0,95

Parametri	Yksikkö	WQO – FS40		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet– Ensimmäinen vuoto				Ennakoidut pitoisuudet – Vakaan tilan olosuhteet			
		TV	AV		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu		HCT tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu	
					Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Natrium	mg/L	1,8	2,5	1,6	1,7	2	1,7	2	3	1,8	3	1,8
Pii	mg/L	6,1	10	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Barium	mg/L	0,0052	0,01	0,0046	0,0047	0,0049	0,0047	0,0048	0,0047	0,0046	0,0047	0,0046
Strontium	mg/L	0,02	0,03	0,017	0,018	0,021	0,017	0,019	0,025	0,018	0,025	0,018
Antimoni	mg/L	0,00001	0,000014	0,00001	0,00013	0,00044	0,000018	0,000055	0,00031	0,000048	0,00031	0,000048

Huom, vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä ja oranssilla korostetut arvot ovat hälytysrajojen ylityksiä

Taulukko 9-15: Ennakoidut sulkemisen jälkeiset vedenlaatuennusteet Kuerjoelle, lievennettynä CaCO₃:n lisäämisellä mahdollisesti happoatuottavien sivuvivien läjitysalueisiin ja/tai Kuervitikon louhosjärveen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS40		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet– Ensimmäinen vuoto			
		TV	AV		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkia lisätty Kuervitikkoon		Prosentuaalinen muutos lähtötason pitoisuuksista %	
					Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Key parameters								
Nitraatti	mg/L	0,0068	20	0,002	0,004	0,0099	100	390
Kloridi	mg/L	0,6	150	0,5	0,53	0,63	5,2	26
Sulfaatti	mg/L	2,3	65	2	2,7	4,5	35	130
Rauta	mg/L	0,43	0,72	0,32	0,32	0,32	-0,11	0,35
Alumiini	mg/L	0,0381	0,1	0,027	0,027	0,029	0,68	9
Arseeni	mg/L	0,000086	0,005	0,000059	0,000062	0,000085	5	44
Kadmium	mg/L	0,0000035	0,00008	0,0000025	0,0000046	0,000013	82	430
Koboltti	mg/L	0,000043	0,004	0,000025	0,00068	0,0024	2600	9400
Kromi	mg/L	0,00038	0,001	0,00035	0,00048	0,0014	37	300
Kupari	mg/L	0,00033	0,005	0,0002	0,00036	0,00082	81	310
Elohopea	mg/L	0,000001	0,00005	0,000001	0,0000022	0,0000087	120	770
Mangaani	mg/L	0,0039	0,7	0,0029	0,0047	0,0095	63	230
Molybdeeni	mg/L	0,00022	1	0,00014	0,00017	0,00026	18	89
Nikkeli	mg/L	0,0002	0,02	0,00012	0,00086	0,0028	620	2200
Lyijy	mg/L	0,000046	0,0072	0,000037	0,000037	0,000036	-0,75	-2,3
Uraani	mg/L	0,00011	0,015	0,00011	0,00022	0,00062	100	460
Nitraatti	mg/L	0,0018	0,03	0,001	0,0013	0,0025	33	150
Muut muuttujat								
Fosfaatti	mg/L	0,011	0,017	0,0085	0,0091	0,014	7,6	63
TOC	mg/L	7,7	14	5				
Kalsium	mg/L	3,1	4,8	2,7	3	3,9	12	46

Parametri	Yksikkö	WQO – FS40		Lähtötason pitoisuudet	Ennakoidut pitoisuudet– Ensimmäinen vuoto			
		TV	AV		NAG tuloksiin perustuva WRD:n vedenlaatu, kalkkia lisätty Kuervitiikkoon		Prosentuaalinen muutos lähtötason pitoisuuksista %	
					Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Kalium	mg/L	0,49	0,82	0,39	0,47	0,71	21	82
Magnesium	mg/L	0,96	1,4	0,87	0,92	1,1	5,6	24
Natrium	mg/L	1,8	2,5	1,6	1,7	2	5,2	23
Pii	mg/L	6,1	10	4,8	4,8	4,8	-0,041	0,31
Barium	mg/L	0,0052	0,01	0,0046	0,0047	0,0048	1,1	4,5
Strontium	mg/L	0,02	0,03	0,017	0,017	0,019	2,3	11
Antimoni	mg/L	0,00001	0,000014	0,00001	0,000018	0,000055	76	450

Huom, vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä ja oranssilla korostetut arvot ovat hälytysrajojen ylityksiä

9.3 Valkeajoki

Rakentamisvaihe: Hankealueen valuma

Vaiheen 1 aikana ehdotettiin, että ylimääräinen vesi aloituskuopasta ja valumaajista päästettäisiin laskeutumisaltaaseen ja suoalueelle Hannukaisen louhokselta lounaaseen, mistä vesi virtaisi Valkeajoen alajuoksulle. Vaiheessa 2 vesi laskeutumisaltaasta ja suoalueelta ohjataan Hannukaisen selkeytysaltaaseen (katso kuva 7-1), mistä se käytetään joko prosessiin tai pumpataan Rautuvaaraan. Siten Vaiheessa 1 ylimääräinen valuma saattaa lisätä Valkeajoen virtaamia; Vaiheessa 2 ylimääräisiä vesiä ei kuitenkaan lasketa tähän vesistöön.

Tämän ajanjakson aikaisten vaikutusten (mm. johtuen veden säilytyksestä selkeytysaltaassa) odotetaan Valkeajoella olevan samanlaiset toimintavaiheen aikaisten kanssa ja ne on kerrottu yksityiskohtaisesti alapuolella.

Toimintavaihe: Muutokset luonnolliseen valumakuviin

SRK:n pohjavesimalli ei ennakoit muutoksia Valkeajoen pohjavirtaamaan, lisäksi kaikki jätealueet sijoitetaan Valkeajoen pohjaveden valuma-alueen ulkopuolelle, kaikkien pohjavesien virratessa alueelta Äkäsjokea tai avolouhoksia kohti (kuva 7-1). Sivukivien läjitysalueita on kuitenkin sijoitettu lähelle Valkeajoen ja Äkäsjoen topografista jakajaa ja osia läjitysalueista sijaitsee Valkeajoen pintaveden valuma-alueella. Hannukaisen selkeytysallas sijaitsee myös Valkeajoen valuma-alueella. Tämän altaan yläjuoksun luonnollinen valuma-alue on suuri (noin 11 km²), mutta päävedet käännetään lammen ympäri ja virtausväylä Valkeajokeen säilytetään.

Pintavesien valumat jätealueilta otetaan talteen ja käännetään käsiteltäviksi ennen selkeytysaltaaseen palauttamista. Ylimääräinen vesi selkeytysaltaalta pumpataan Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle.

Kaikkiaan kaivosalueen rakentaminen vähentää joen luonnollisia pintavesien valuma-alueita noin 3,5 %, mutta ei vaikuta pohjavirtaamaan. Seurauksena tämä vaikuttaa virtavesien virtaamiin kesäkuukausina (Taulukko 9-6).

Kesävirtaamien ennakoitu prosentuaalinen väheneminen arvioiduille kausittaisille virtaamille on esitetty taulukossa 9-17. Tulokset osoittavat 3,5 %:n vähenemistä kesäkuukausille kaikissa olosuhteissa, yhtenäinen joen pintavaluma-alueen menetyksen kanssa.

Taulukko 9-16: Valkeajoen kaivosalueen alueet

Kaivoksen osa	Kaivoksen osan alue Valkeajoen valuma-alueella (km ²)
Hannukaisen louhos	0
Kuervitikon louhos	0
PAF ITÄ WRD	0
NAF ITÄ WRD	0
OB ITÄ WRD	0
PAF LÄNSI WRD	0,08
NAF LÄNSI WRD	0,6
OB LÄNSI WRD	0,1
Vedenkeräysallas	1,1
Poistettut alueet yhteensä	1,88
Luonnollinen valuma-alue	53,3
% valuma-alueista poistettu	3,5%

Taulukko 9-17: Valkeajoen virtaaman muutos johtuen rakentamisen jälkeisen pohjavirtaaman ja pintavirtaamien muutoksista (kaivoksen elinaika)

	Prosentuaalinen vähennys virtaamassa lähtötason olosuhteista %											
	Tam	Hel	Mar	Hu h	Tou	Kesä	Hei	Elo	Syys	Lok	Mar	Jou
1/100, KUIVA	0	0	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0
1/50 KUIVA	0	0	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0
1/10 KUIVA	0	0	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0
Keskivirtaama	0	0	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0
1/10 MÄRKÄ	0	0	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0
1/50 MÄRKÄ	0	0	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0
1/100 MÄRKÄ	0	0	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0

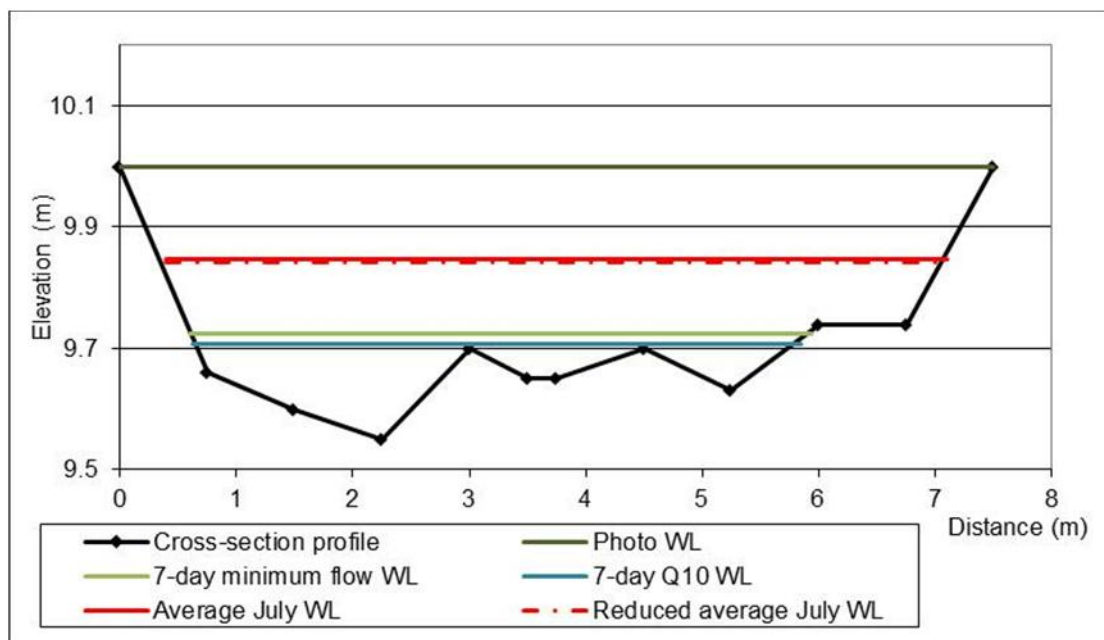
Oranssilla korostetut kuukaudet käsitetään vaikuttuneen ainoastaan pohjavirtaamaan. Kuukaudet valkoisella ovat vaikuttaneet valuma-alueen valuman muutoksista ja vähennyksestä pohjavirtaamassa

Ennakoidun virtaaman vähentymisen vaikutukset on kuvattu poikkileikkauksessa Valkeajoen yläjuoksun Kivivuopionojan liittymäkohdassa, missä SRK teki virtaustarkkailumittauksia toukokuussa 2011 (valokuva 9-3).



Valokuva 9-3: Valkeajoki Kivivuopionojan liittymäkohdasta alajuoksuun (SRK 9.5.2011), otettu joen virtaaman tarkkailukohdassa SW006

Kuva 9-3 näyttää vedentason poikkileikkauskohdassa mittauspäivänä, ennakoidut vedentasot alivirtaaman olosuhteissa, heinäkuun keskimääräisen vedentason ja heinäkuun vedentason 3.5 % vähentymisen jälkeen. Taulukkoon 6-16 perustuen Valkeajoen alimmat kesävirtaamat esiintyvät heinäkuussa.



Kuva 9-3: Valkeajoen poikkileikkaus mittauspaikalla SW006, näyttäen tutkimuksen aikaisen vedentason, ennakoidut vedentasot alivirtaaman olosuhteissa ja ennakoitu muutos heinäkuun vedentasoissa

Ennakoidut muutokset virtaamassa, vedentasossa, kostessa alueessa ja alueen poikkipinnan

muutokset on esitetty taulukossa 9-18. Tulokset osoittavat muutosten aiheuttavan korkeintaan 0,01m muutoksen veden tasoihin ja alle 0,1 m³ muutoksen virran virtaama alueessa.

Taulukko 9-18: Pienentyneen valuma-alueen ennakoitu vaikutus Valkeajoen uoman osalle

Virtaama olosuhteet	Lähtötaso				Muutos parametreissä LOM			
	Virtaama m3/s	Veden taso m	Märkäpöinti m	Poikkileikkaus m2	Virtaama m3/s	Veden korkeus m	Märkäpöinti m	Poikkileikkaus m2
Heinäkuun keskiarvo	0,39	9,8	6,8	1,2	-0,01	-0,01	-0,03	-0,03

Toimintavaihe: Läjityskasojen suotoveden vaikutus virtavesien vedenlaatuun

Vaiheen 1 aikana suotovesi läjitellyiltä rikastushiekoilta ja sivukivien läjitysalueilta ennakoidaan virtaavan Valkeajokeen. Kuitenkin toisen vaiheen suunnitelmissa rikastushiekat läjitetään Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle Niesajoen valuma-alueelle ja sivukivien läjitysalueet on sijoitettu Valkeajoen pohjaveden valuma-alueen ulkopuolelle. Siten ei kaivosalueelta ennakoida suotovettä päätyvän Valkeajokeen.

Pintaveden valumat Äkäsjoen/Valkeajoen topografisen jakajan läheisiltä sivukivien läjitysalueilta otetaan talteen ja ei anneta virrata Valkeajokeen.

Siten Vaiheen 2 ei ennakoida vaikuttavan Valkeajoen vedenlaatuun Hannukaisen kaivoksen toimintojen aikana.

Sulkemisen jälkeinen: Läjityskasojen suotoveden vaikutus virtavesien vedenlaatuun

Louhinnan vaikuttamilta alueilta ei ennakoida suotovesien päätyvän Valkeajokeen toimintojen tai lopettamisen aikana. Sivukivien läjitysalueita on sijoitettuna Valkeajoen pintavesien valuma-alueella (taulukko 9-16). Siten on mahdollista joidenkin sivukivien läjitysalueiden pintavalumien virtaavan Valkeajokeen. Kuitenkin, seuraten sivukivien läjitysalueiden parannusta, kaikki pintavesien valumat virtaa läjityskasojen pintakerroksen yli, eikä niiden odoteta olevan vuorovaikutuksessa jätekivien kanssa. Jätekiven kanssa vuorovaikuttava vesi suotaa läjityskasan läpi pohjavesijärjestelmään ja virtaa koilliseen, pois päin Valkeajoelta.

Siten Vaiheessa 2 ei ole ennakoituja vaikutuksia Valkeajoen vedenlaatuun Hannukaisen kaivoksen lopettamisen aikana.

9.4 Niesajoki

Rakentamisvaihe: Uusien patojen ja ohjaavien rakenteiden rakentamisen vaikutus Niesan altaaseen

Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentaminen vaatii uusien virtavesien ohjauskanavien kaivamista ja muun infrastruktuurin rakentamista. Lisäksi rakennetaan uusi putkisto etelälammelta Muonionjokeen. Tämä putkisto kulkee kasvavan metsän läpi ja ylittää useita vesistöjä (Niesajoen sivujokia kuin myös pieniä poisto-ojia, katso Kuva 9-5) ja myös suoalueita. Vaikutukset rajoittuvat Niesajoen valuma-alueeseen, suurimpien rakennustoimintojen liittyessä Rautuvaaran rikastushiekka-altaaseen.

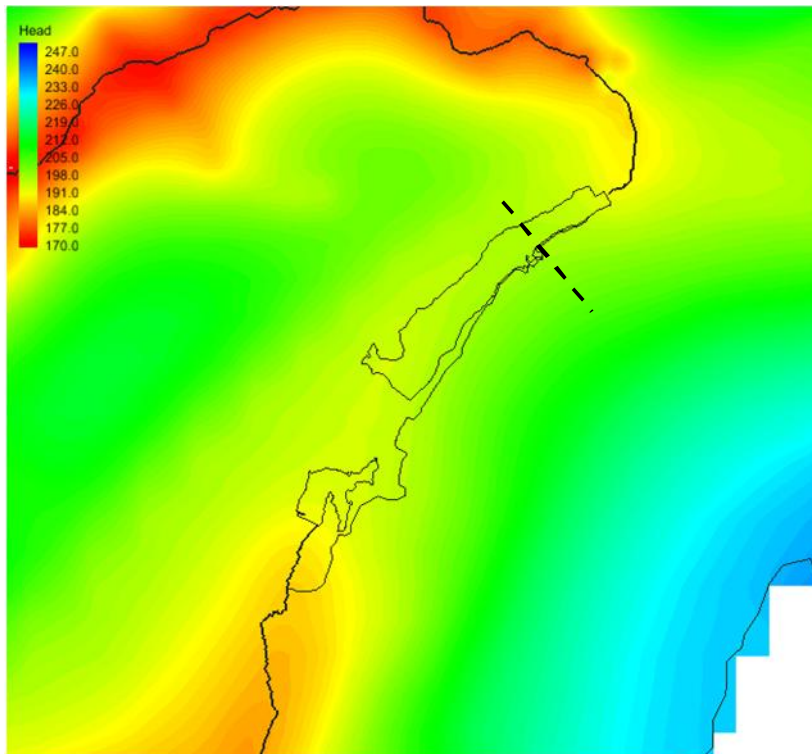
Ei ole mahdollista määrittää näitä vaikutuksia, koska ne riippuvat useista tekijöistä, kuten töiden ajoituksesta ja kuinka työt järjestetään. Kuitenkin ilman lievitystoimia, on mahdollisuus kiintoaineiden vapautumisesta jokiin maansiirtotöiden ja yleisen rakennustoiminnan tuloksena. On myös öljy- ja polttoainevuotojen vaara koneista rakennustöiden aikana.

Sen perusteella, että rakennustyöt tehdään noudattaen parhaita käytäntöjä, tehokkaalla sedimenttikontrollilla ja ympäristöjohtamissuunnitelmilla, on odotettavissa, että vaikutukset Niesajoen vedenlaatuun voidaan minimoida ja etteivät ne ole merkittäviä.

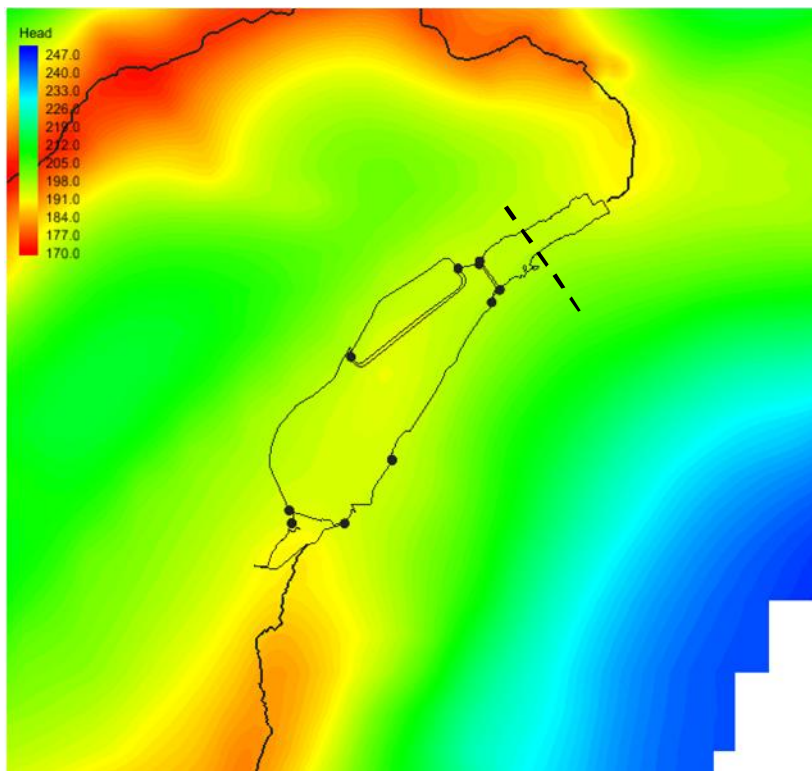
Toimintavaihe: Pohjavesivirtausten kulkureitit

Pohjavesi on mahdollisen kontaminaation siirtymisen pääasiallinen kulkureitti rikastushiekkakasoilta paikallisiin pintavesiesiintymiin. Tämän takia on tärkeää ymmärtää pohjaveden liikkeet Niesan altaalla, sekä nykyisissä olosuhteissa, että rikastushiekka-altaan suunnitellun laajentamisen jälkeen.

Pohjaveden pinta on laskettu käyttäen numeerista pohjaveden mallinnusta, kuten kerrottu kappaleessa 8.1.1. Tämän mallinnuksen tulokset ovat yhteenvedetty alla kuvassa 9-4. Pohjaveden virtausjärjestelmästä toimitetaan täydellinen kuvaus Liitteessä I.



(a)



(b)

Kaavio 9-4: Ennakoitu pietsometrinen pinta (a) nykyisille ja (b) kaivoksen elinajan olosuhteille keskiverto ilmasto-olosuhteissa

Voidaan nähdä että:

- Yleisesti pohjavesi nykyisessä ja ehdotetussa rikastushiekka-altaassa virtaa laajasti eteläiseen suuntaan kohti Niesajoen laaksoa. Yleinen tai alueellinen pohjaveden jakaja (korostettu mustalla katkoviivalla) sijaitsee pohjoislammissa ja määrittää jaon pohjoiseen Kylmäojalle tai etelään Niesajokeen lopulta virtaavaan pohjaveteen, antaen pohjavirtaaman näille joille;
- Sekä nykyisen, että ehdotetun rikastushiekka-altaan paikalla on joitain paikallisia pohjaveden dynamiikkoja, vaikkakin ylivoimaisesti suurin osa suotovesistä kulkeutuu etelää kohti;
- Nykyisten olosuhteiden aikana malli ennustaa pohjaveden jakajaa nykyisen rikastushiekkakasan pohjoisrinteelle, mikä on yhteneväinen kenttätutkimuksista tulkittujen pohjaveden korkeuskäyrien kanssa. Sekä happolammesta, että pohjoislammissa johtuva suotovesi laimenee ympäröiviin etelään kohti Niesajokea kulkeutuviin pohjavesiin; ja
- Kaivoksen elinäkainen suotovesi rikastushiekkakasan eteläkärjestä kulkeutuu etelään etelälammeille ja pohjavesi heti pohjoiseen rikastushiekkaharjanteelta liikkuu pohjoiseen. Pohjavesimallinnus näyttää, että suotovesi LIMS-magneettierotellun rikastushiekan pohjoisosassa yleisesti jää rikastushiekkoihin, liikkuen itään tai länteen ennen kuin pohjoiseen tai etelään. Korkearikkisen sektorin kaikki suotovedet virtaavat itään LIMS-magneettierotelluille rikastushiekoille. 'Alueellinen' pohjaveden jakaja sijaitsee pohjoislammen alla ja viime kädessä kaikki suotovedet LIMS-magneettierotelluilta ja korkearikkisiltä rikastushiekoilta yhdistyy pohjoislammen suotoveteen ja liikkuu etelään kohti etelälampea ja Niesajokea.

Pohjavesijärjestelmän täydellinen kuvaus, mukaan lukien hiukkasseuranta, on sisällytetty Liitteeseen I.

Nykyisten ja kaivoksen elinajan olosuhteiden pohjoislammen ja etelälammen ennakoitujen vesitaseet on yhteen vedetty alla taulukoissa 9-19 ja 9-20 ja ennakoitu suotovesi lammista on yhteenvedetty taulukossa 9-21. Täydelliset lisätiedot annetaan Liitteessä I.

Toimintavaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen vaikutus pintaveden määrään

Tehtiin alustava rakentamisen mahdollisia vaikutuksia pintaveden määrään tunnistava ennakoarviointi ja sitä kehitettiin lisää lähtötason arvioinnin aikana. Kaikki tunnistetut mahdolliset vaikutukset esitettiin taulukossa 4-3.

Rautuvaaran laitosten operoinnin tärkeimmät mahdolliset vaikutukset Niesajoen pintaveden määrään ovat:

- Niesan altaan piirteiden, mukaan lukien uusien patojen ja toisaalle ohjaavien kanavien rakentaminen, muuttumisen tuloksena virtaaman muutokset Niesajokeen;
- Muutokset paikallisiin virtauskäytäviin ja virtavesien ja joidenkin kosteikkojen hautaaminen laitosten laajenemisen seurauksena; ja
- Muutokset virtausmääriin eteläisen selkeytysaltaan (eteläallas) Niesajokeen suotamisen seurauksena.

Niesan allas sijaitsee Niesajoen alkulähteillä. Tällä hetkellä pintaveden valuma virtaa ulos altaasta eteläaltaan tulvavesikourun ja eteläaltaasta länteen olevan ohjauskanavan murtuman

takia rajoittuneella hallinnalla. Lähtötason valuma-alueet ja virtausten kulkuväylät on hahmoteltu kappaleessa 6.3.4.

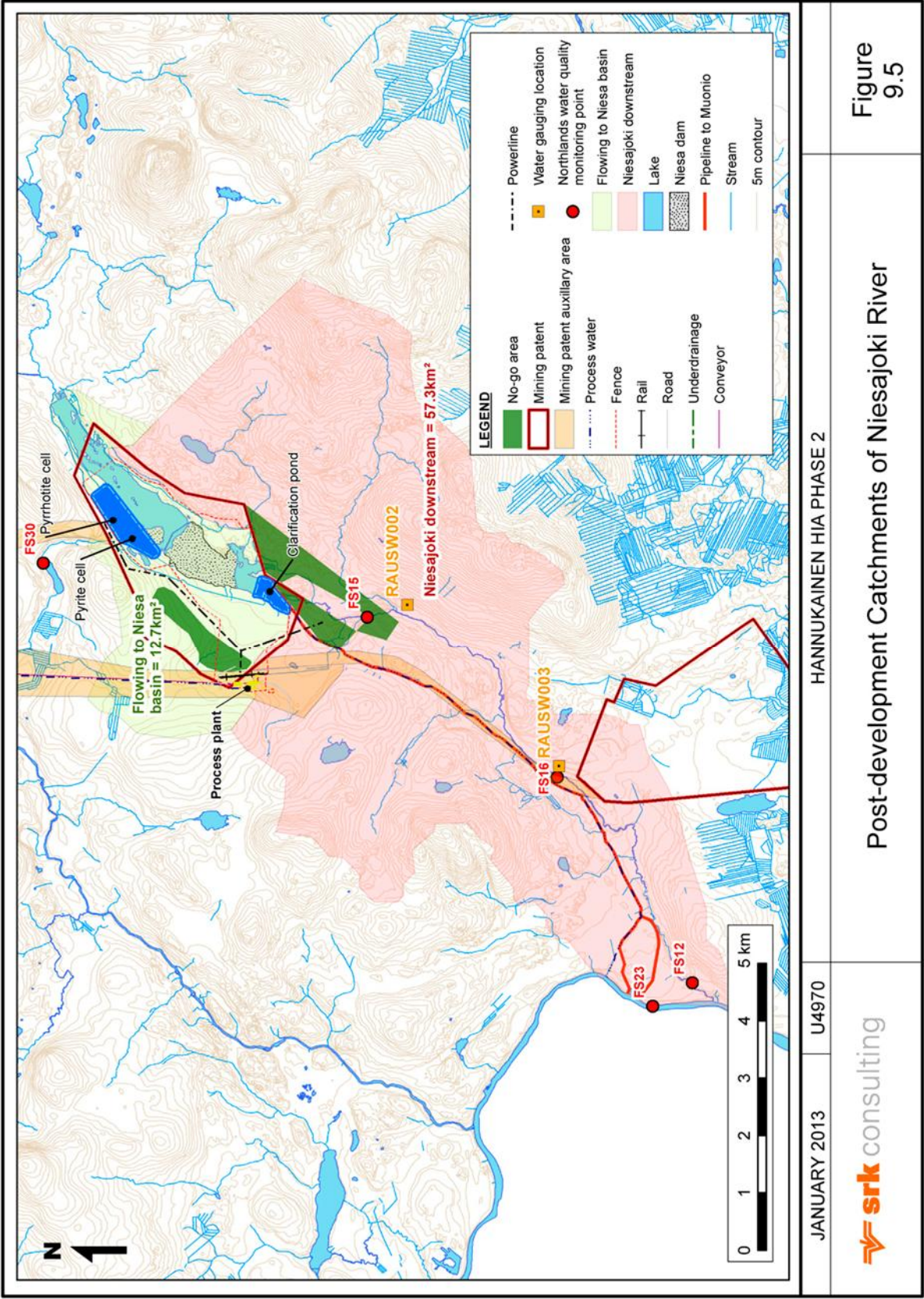
Kun Niesan allas on kehitetty osaksi Rautuvaaran rikastushiekka-allas vaihtoehtoa, tulee Niesan altaan hydrologiaan useita muutoksia, nimittäin:

- Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta ei tule hallitsemattomia pintavesien päästöjä. Ylimääräisen, käsitellyn pintaveden valuma varastoidaan eteläaltaaseen ennen johtamista Muonionjokeen. Tämä on lähtökohtainen vaihtoehto Pöyryn (2012a) vesitaseessa;
- Pato tai kanava rakennetaan etelään Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta (samansuuntainen pohjoisaltaan eteläaltaaseen yhdistävän kanavan kanssa) kääntämään luonnollisen valuman korkeasta maastosta altaan eteläosaan pois säilytysalueelta. Tämä sisältää Sivakaojan valuma-alueen, joka virtaa suoraan Niesajoen alkulähteille;
- Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta pohjoiseen rakennetaan luultavasti ohituskanava, tätä rakennelmaa ei kuitenkaan näy nykyisissä viidennen version piirustuksissa. Sen seurauksena tämä arviointi harkitsee vaihtoehtoja, missä pohjoinen valuma-alue käännetään Niesajokeen (todennäköisin vaihtoehto) ja mistä sen annetaan virrata eteläaltaaseen. Nykyinen ohituskanava (koillinen ohjauskanava näytetty kuvassa 6-9) tulee hautautumaan rikastushiekkojen alle, eikä ole enää käytössä; ja
- Rautuvaaran rikastushiekka-altaan jäljälki tulee olemaan suurempi kuin Niesan vanhan rikastushiekka-altaan.

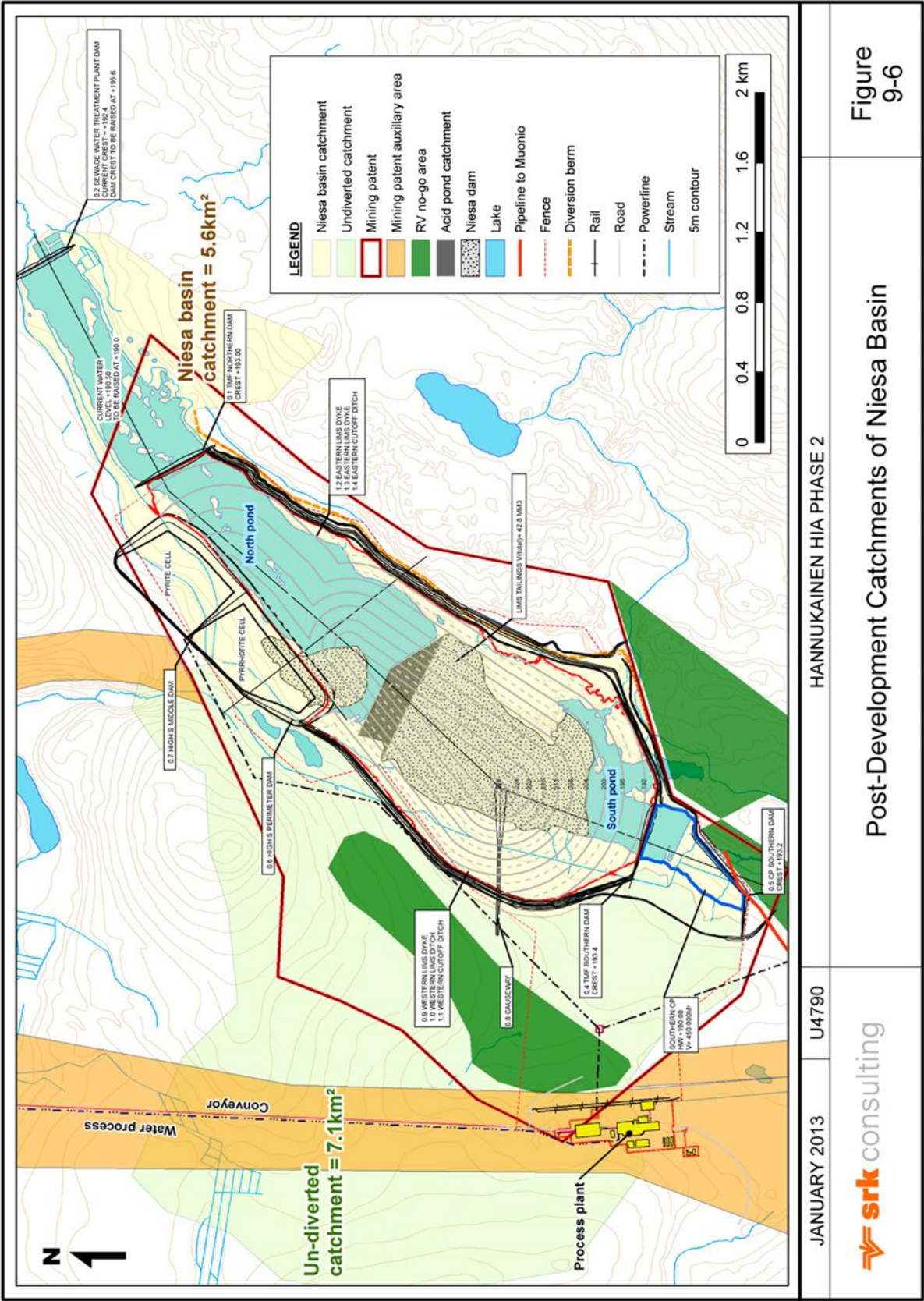
Kuva 9-5 ja kuva 9-6 havainnollistavat Niesajoen ja Niesan altaan kehityksen jälkeisiä valuma-alueita tässä järjestyksessä.

Olettaen, että Rautuvaaran rikastushiekka-altaan pohjoisosan valumaa ei käännytetä, odotetaan noin 12,7 km²:n valuma-alueen virtaavan Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle (kuva 9-5). Tämä vastaa nykyisin Niesan altaaseen virtaavaa noin 14,8 km²:n valuma-aluetta. Jos valuma-alue Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta (kuva 9-6) pohjoiseen ohjataan etelälammen ympäri Niesajokeen, Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle virtaava valuma-alue tulee olemaan 5,6 km².

Kuva 9-5: Rakentamisen jälkeiset Niesajoen valuma-alueet



Kuva 9-6: Rakentamisen jälkeinen Niesan altaan valuma-alue



Vaikka rakentamisen jälkeiset muutokset valuma-alueisiin eivät välttämättä ole suuria verrattuna Niesajoen kokonaisvaluma-alueeseen (70 km²), virtavesien virtausmäärät voivat mahdollisesti muuttua. Nykyisin Niesan altaaseen virtaava valuma ja laskeutuva sademäärä, saa virrata vapaasti (heikentyen pohjois- ja eteläaltaassa sekä vähentyen haihtumisen johdosta.) Niesajokeen.

Rakentamisen jälkeiset pintaveden virtaamat valuma-alueelta ja paljaalta rikastushiekkapadolta sekä pohjoisaltaan ylimääräinen vesi virtaa eteläaltaaseen, joka vastaanottaa myös Hannukaisen kaivosalueen käsiteltyä vettä sekä käsiteltyä valumavettä Rautuvaaran rikastushiekka-altaiden korkearikkisiltä rikastushiekoilta. Vettä pidetään eteläaltaassa ennen kuin se pumpataan putkistoa pitkin Muonionjokeen. Ainoa Niesajokeen päätyvä vesi Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta on laitoksen suotovesien kautta.

Kappaleessa 8.1.1 hahmoteltu pohjaveden mallinnustyö viittaa, että suotovesien määrät Niesan altaalta Niesajokeen luultavasti vähenevät Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen jälkeen. Muutokset suotovesimääriin tulevat kuitenkin olemaan vähäisiä verrattuna pintavesien virtaamien muutoksiin joessa. Ennakoidut suotovesimäärät ennen ja jälkeen rakentamisen näytetään taulukossa 9-22. Rakentamisen jälkeisen suotovesimäärän on ennustettu olevan alle 0,1 l/s pienempiä kuin määrät ennen rakentamista.

Taulukko 9-19: Muutokset suotovesien määrissä Niesan altaasta Niesajokeen (keskimääräisten ilmasto-olosuhteiden aikana)

	Päivittäisen suotamisen keskiarvo (m ³ /d)	Suotamisen keskinopeus (L/s)
Tämänhetkinen	83,7	0,97
Rakentamisen jälkeinen	76,5	0,89
Erotus	-7,2	-0,08

Rakentamisen jälkeinen virtausten muutos Niesajoessa aiheutuu Rautuvaaran rikastushiekka-allasta ympäröivän valuma-alueen vesien varastoimisesta. Näiden valuma-alueiden vesi pumpataan lopulta Muonionjokeen, ohittaen Niesajoen. Laajasti ilmaistuna Niesajoen valuma-alue pienenee 12,7 km²:lla jos Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta koilliseen sijaitsevan valuma-alueen annetaan purkautua eteläaltaaseen, tai 5,6 km²:llä, jos tämä valuma-alue käännetään Niesajokeen.

Kuten hahmoteltu lähtötason arvioinnissa (kappale 6.3.4), tarkkaillut virtavesien virtaamat Niesajoessa esittävät korkeampia valuman myötävaikutuksia Niesan altaan valuma-alueille verrattuna joen alajuoksuun. Perustuen kappaleessa 6.3.4 esitettyyn vesitase työhön, Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen mahdollinen vaikutus keskimääräiseen kuukautiseen virtaamaan ja alivirtaamaan sijainneissa Niesajoen varrella on hahmoteltu taulukossa 9-23.

Tulokset osoittavat virtaaman merkittävän vähennyksen mahdollisuutta Niesajoen yläjuoksulle. Aivan Rautuvaaran rikastushiekka-alueen alajuoksulla virtaus saattaa lähennellä nollaa talvikuukausien aikana (joulukuusta huhtikuuhun), hyvin pienten pintavesien valumamäärien tukiessa pohjaveden syöttämää pohjavirtausta virtavesissä.

Joen suulla rakentamisen vaikutukset virtaamiin ovat minimaaliset. Virtaaman vähenemisen vaikutus veden korkeuksiin, uoman kosteikon reunaan ja joen suun poikkileikkaus alueeseen (mittausasema RAUSW003) laskettiin perustuen uoman poikkileikkaukseen ja mitatun paikan mittauskäyriin. Kuva alueesta esitetään valokuvassakuvassa 9-4, ja poikkileikkausprofiili kuvassa 9-7.



Valokuva 9-4: Mittauspaikka RAUSW003 alajuoksuun tien sillalta

Taulukko 9-24 yhteenvetää virtaaman vaikutukset veden tasoihin, kosteikon reunaan ja poikkileikkausalueeseen. Tulokset osoittavat minimaalisia vaikutuksia näille virtaaman parametreille.

Taulukko 9-20: Ennakoitu muutos Niesajoen virtaamissa

Lähtötasovirtaamien keskiarvo (l/s)	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
Alajuoksun altaat	37	28	27	56	585	196	102	104	118	144	89	53
Niesan keskikohta (FS 15)	105	79	77	161	1280	590	302	287	296	341	256	152
Lähellä Niesan suuta (FS16)	168	126	124	257	2040	941	482	457	472	543	408	242
Niesan suulla (FS12)	196	147	144	300	2386	1101	563	534	552	636	477	283
Kehityksen jälkeiset virtaamat - Niesan suurempi valuma-alue (l/s)	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
Alajuoksun altaat	5	4	4	8	84	28	15	15	17	21	13	8
Niesan keskikohta (FS 15)	69	52	51	106	840	388	198	188	194	224	168	100
Lähellä Niesan suuta (FS16)	132	99	97	202	1601	739	378	359	370	426	320	190
Niesan suulla (FS12)	160	120	118	245	1947	898	460	436	450	519	389	231
Kehityksen jälkeiset virtaamat - Niesan pienempi valuma-alue (l/s)	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
Alajuoksun altaat	23	17	17	35	364	122	64	65	73	89	55	33
Niesan keskikohta (FS 15)	89	67	66	137	1086	501	256	243	251	289	217	129
Lähellä Niesan suuta (FS16)	152	114	112	233	1847	852	436	414	427	492	369	219
Niesan suulla (FS12)	181	135	133	276	2193	1011	518	491	507	584	438	260

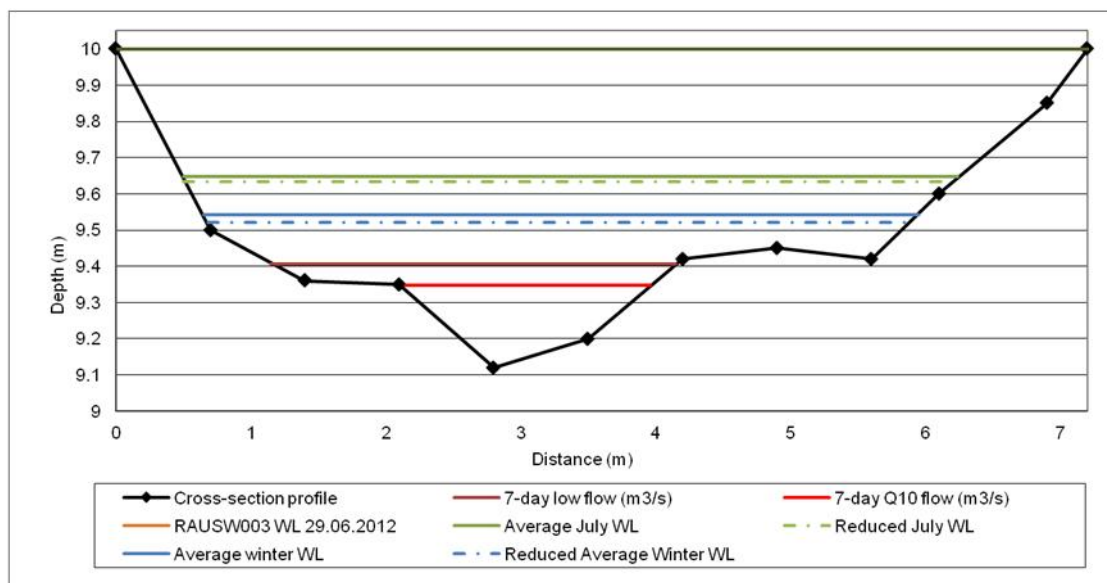
a Prosentuaalinen muutos kuukausittaisissa ja vuosittaisessa virtaamassa

^aProsentuaalinen muutos	joulu	marras	loka	syys	loka	marras	joulu
-86 %	8	13	21	17	21	13	8
-34 %	100	168	224	194	224	168	100
-22 %	190	320	426	370	426	320	190
-18 %	231	389	519	450	519	389	231

^aProsentuaalinen muutos	joulu	marras	loka	syys	loka	marras	joulu
-38 %	33	55	89	73	89	55	33
-15 %	129	217	289	251	289	217	129
-9 %	219	369	492	427	492	369	219
-8 %	260	438	584	507	584	438	260

Taulukko 9-21: Valuma-alueen pientymisen ennustettu vaikutus Niesajoen uoman osalle

Virtaama olosuhteet	Lähtötaso				Muutos parametreissa kaivoksen elinkaaren aikana			
	Virtaama m ³ /s	Veden korkeus m	Märkäpää ri m	Poikkileikkaus alue m ²	Virtaama m ³ /s	Veden korkeus m	Märkäpää ri m	Poikkileikkaus alue m ²
Keskiarvo heinäkuu	0,57	9,6	6,0	1,6	-0,046	-0,016	-0,080	-0,093
Keskiarvo talvi	0,26	9,5	5,5	1,0	-0,021	-0,020	-0,35	-0,076



Kuva 9-7: Niesajoen mittauspaikan RAUSW003 poikkileikkaus näyttää tutkimuksen aikaiset veden korkeudet, alivirtaama olosuhteiden ennakoitujen veden korkeudet olosuhteet ja ennakoitu muutos heinäkuussa ja keskimääräisten talviolosuhteiden aikana.

Toimintavaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen vaikutus pintaveden laatuun

Tehtiin alustava rakentamisen mahdollisia vaikutuksia pintaveden määrään tunnistava ennakoarviointi ja sitä kehitettiin lisää lähtötason arvioinnin aikana. Kaikki tunnistetut mahdolliset vaikutukset esitettiin taulukossa 4-3.

Rautuvaaran laitosten operoinnin tärkeimmät mahdolliset vaikutukset Niesajoen pintavedenlaatuun ovat:

- Sedimenttien vapautumiset tai nykyisten rikastushiekkojen häiriintyminen Rautuvaaran rikastushiekka-altaiden rakentamisen aikana;
- Suotaminen pohjois- tai eteläältä pohjavedessä kulkeutumisen kautta Niesajokeen, kuten aiemmin selvitetty kappaleessa 'Toimintavaihe: Pohjavesivirtausten kulkureitit'; ja
- Rikastushiekkojen kiintoaineiden tai eteläältä veden hallitsematon purkautuminen Niesajokeen.

Tällä hetkellä Niesan valuma-allas on huonolaatuisen veden lähde Niesajokeen. Lähtötason arviointi kappaleessa 6.3.4 arvioi, että Niesajoen suulla lähes 100 % joidenkin parametrien kokonaiskuormituksesta on peräisin nykyiseltä rikastushiekka-altaalta. Ehdotetun Rautuvaaran rikastushiekka-altaan toimintojen aikana virtaamiin Niesan altaan alueelta Niesajokeen tulee merkittävä vähennys, kun eteläaltaaseen kerääntyvä ylimääräinen vesi johdetaan Muonionjokeen, kuten yllä on linjattu. Toimintojen aikana ainoa keino, miten vesi Rautuvaaran rikastushiekka-altailta pääsee Niesajokeen, on suotovesi pohjois- ja eteläaltaalta, mikä menee pohjaveteen ja siitä jokeen pohjavirtaamana, kuten selitetty aiemmin kappaleessa 'Toimintavaihe: Pohjavesivirtausten kulkureitit'.

Vaikka suotovesi rikastushiekka-altaalta menee jokeen pohjaveden kulkureitin kautta, tulee pohjavirtaaman määrä olemaan huomattavasti pienempi kuin pintavesivirtausten väheneminen Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta Niesajokeen. Virtaaman nettovähennyksen tulisi saada aikaan selkeä parannus Niesajoen vedenlaadussa.

Vedenlaadun ennusteet Niesajoen suulla toimintojen aikana on annettu taulukossa 9-25, perustuen kappaleessa 8.1.3 kuvailtuihin menetelmiin. Tulokset ovat 19. vuodelle (eli kaivoksen eliniälle). Muiden vuosien vaikutukset vedenlaatuun ovat hyvin samanlaiset, ja koska Niesajoen vedenlaadussa on kokonaisvaltainen parannus, muiden vuosien tuloksia ei ole sisällytetty tähän.

Tulokset osoittavat selkeää parannusta Niesajoen vedenlaatuun kaikilla parametreilla paitsi kadmiumilla (kaikilla virtaamaolosuhteilla) sekä elohopealla (keskimääräisillä ja talvi virtaamaolosuhteilla). Lähtötason tietojen erittäin alhaisten kadmium pitoisuuksien johdosta on todennäköistä, että tulokset ovat vaikuttuneet geokemiallisten mallien laskelmien epävarmuuksista, eikä tule olemaan merkittävä asia toimintojen aikana. Ennustetut kadmium pitoisuudet ovat joka tapauksessa parametrin hälytysrajan alapuolella. Lähtötason elohopea pitoisuudet ovat myös erittäin alhaista ja ennakoitua kasvun eteläaltaan suotovesien takia ei ennakoita ylittävän kynnysarvoja.

Rautuvaaran rikastushiekka-altaan tavallisten toimintojen aikana ei pitäisi esiintyä pintaveden päästöjä eteläaltaasta Niesajokeen. On kuitenkin olemassa hallitsemattomien päästöjen vaara ylivuototapauksessa tai eteläaltaasta pidättelevän padon hajotessa. Pöyry tekee parhaillaan eteläaltaan vesitaselaskelmia ja tällä hetkellä ei ole tietoa selkeytysaltaiden suunnitellustandardeista tai eteläaltaan mahdollisen ylivuotamisen yksityiskohtia (mm. minkä lisäksi kausittaista myrsky-ylivuotamista saattaisi tapahtua).

Siten tällä hetkellä ei ole tietoja, millä tehdä yksityiskohtainen analyysi ylivuotamisen vaikutuksista alajuoksuun. Pidättelevä pato tulee kuitenkin olemaan ylläpidetty rakenne, ja on oletettu, että pato suunnitellaan ja hoidetaan Niesajokeen päätyvien hallitsemattomien päästöjen vaaran minimoimiseksi. Jos sellainen päästö tapahtuisi, olisi sillä vahingollinen vaikutus joen vedenlaatuun.

Vaikutuksen laajuus ja kesto riippuisi ylivuodon luonteesta. Esimerkiksi, jos eteläaltaan ylivuotaminen johtuisi rankkasateesta, vaikutus olisi luultavasti lyhytaikainen (eli korkean virtaaman kesto) ja lieventynyt eteläaltaan veden sateesta johtuvan laimenemisen takia. Vastaavasti, jos ylivuoto johtuisi eteläaltaan padon viasta, olisi olemassa huonolaatuisen veden ja saastuneiden pohjakerrosten vapautumisen vaara. Vian aiheuttamien vaikutusten voi odottaa olevan pitkäaikaisia, riippuen padon korjaamiseen menevästä ajasta sekä saastuneiden pohjakerrosten poistamisen viemästä ajasta. Todennäköisin vuoto johtuisi rankkasateesta, eikä sen odoteta aiheuttavan vikaa padossa.

Taulukko 9-22: Ennakoitu muutos vedenlaatuun Niesajoen suulla kaivoksen elinkaaren aikana

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS12		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%			
		TV	AV		Kesäkuu	Keskiarvo	Kesäkuu	Keskiarvo	Talvi	
Tärkeimmät parametrit										
Nitraatti	mg/L	0,15	20	0,053	0,028	0,046	0,057	-46	-12	7.5
Kloridi	mg/L	2,0	150	1,2	0,12	0,12	0,12	-90	-90	-90
Sulfaatti	mg/L	39	80	25	2,8	3,0	3,1	-89	-88	-88
Rauta	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,32	0,32	0,32	-50	-50	-50
Alumiini	mg/L	0,067	0,10	0,039	0,019	0,019	0,019	-50	-50	-50
Arseeni	mg/L	0,00045	0,0050	0,00028	0,00014	0,00014	0,00014	-50	-50	-50
Kadmium	mg/L	0,0000028	0,000080	0,0000025	0,0000035	0,0000053	0,0000062	41	110	150
Koboltti	mg/L	0,00042	0,0040	0,00020	0,00013	0,00015	0,00017	-35	-23	-16
Kromi III	mg/L	0,00039	0,0010	0,00035	0,00018	0,00019	0,00020	-47	-45	-44
Kupari	mg/L	0,0021	0,0050	0,0014	0,00038	0,00038	0,00041	-73	-73	-71
Elohopea	mg/L	0,0000022	0,000050	0,0000010	0,00000082	0,0000011	0,0000012	-18	7.3	21
Mangaani	mg/L	0,038	0,70	0,032	0,0034	0,0035	0,0035	-90	-89	-89
Molybdeeni	mg/L	0,00020	1,0	0,00015	0,000082	0,000089	0,000097	-44	-39	-33
Nikkeli	mg/L	0,0024	0,020	0,0020	0,00025	0,00029	0,00032	-87	-85	-84
Lyijy	mg/L	0,000061	0,0072	0,000030	0,000016	0,000016	0,000016	-48	-47	-46
Uraani	mg/L	0,00023	0,015	0,00019	0,000031	0,000041	0,000047	-84	-79	-76
Sinkki	mg/L	0,0022	0,030	0,0013	0,00069	0,00073	0,00079	-46	-43	-38
Muut parametrit										
Fosfaatti	mg/L	0,0070	0,027	0,0040	0,0020	0,0021	0,0021	-49	-49	-47
Kalsium	mg/L	16	33	9,8	1,1	1,1	1,2	-89	-88	-88
Kalium	mg/L	1,8	2,9	1,3	0,16	0,17	0,18	-88	-87	-86
Magnesium	mg/L	5,3	9,1	3,1	0,32	0,32	0,33	-90	-90	-89
Natrium	mg/L	3,4	5,8	2,4	0,26	0,27	0,29	-89	-88	-88
Pii	mg/L	6,1	12	5,4	2,7	2,7	2,7	-50	-50	-50
Barium	mg/L	0,0077	0,013	0,0074	0,0018	0,0018	0,0019	-75	-75	-75

Muuttuja	Yksikkö	WQO – FS12		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Keskiarvo	Kesäkuu	Keskiarvo
Strontium	mg/L	0,041	0,070	0,028	0,0028	0,0028	-90	-90
Antimoni	mg/L	0,000014	0,000029	0,0000050	0,0000027	0,0000039	-46	-23

Huom: Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Sulkemisen jälkeinen vaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan sulkemisen vaikutus pintavedenlaatuun

Rautuvaaran rikastushiekka-altaan toimintojen loppuessa valuntareitit ja vedenhallinta alueella riippuu eteläaltaan vedenlaadusta ja siitä pystyykö tämän veden päästämään käsittelemättä Niesajokeen. Tämä vuorostaan riippuu Hannukaisen kaivoksen ylimääräisen veden määrästä, joka saattaa tarvita käsittelyä lopettamisen jälkeen sekä veden määrästä Rautuvaaran korkearikkisiltä rikastushiekoilta, jota saatetaan myös joutua käsittelemään. Jos käsittelylaitos ja Muonionjoen putkisto ovat vielä toiminnassa ensimmäisten sulkemisen jälkeisten vuosien aikana, niin Niesajoen virtaaman odotetaan olevan samanlainen kuin toimintojen aikana.

Kun Eteläaltaan veden katsotaan olevan tarpeeksi hyvänlaatuista sen päästämiseksi Niesajokeen käsittelemättömänä, annetaan eteläaltaan veden vapaasti ylivuotaa jokeen. Silloin Niesajoen virtaaman odotetaan palaavan lähelle nykyisiä olosuhteita. Niesan altaan ja Kylmäojan päävesien kääntämisen takia virtaamat Niesajoessa eivät palaa luonnonmukaiseen tilaansa (eli ennen kaivostoimintaa alueella).

Sulkemisen jälkeinen vaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan sulkemisen vaikutus pintavedenlaatuun

Kuten hahmoteltu kappaleessa Rikastushiekka-allas, Rautuvaaran rikastushiekka-altaan toimintojen loppuessa valuntareitit ja vedenhallinta Rautuvaaran rikastushiekka-altaalla riippuu eteläaltaan vedenlaadusta ja siitä voidaanko tämä vesi päästää käsittelemättömänä Niesajokeen. Alueet peitetään suljettaessa, mutta suotovesi pääsee kuitenkin yhä rikastushiekka-altailta jokiin pohjaveden pohjavirtaaman kautta.

Jos käsittelylaitos ja Muonionjoen putkisto on vielä toiminnassa ensimmäisinä sulkemisen jälkeisinä vuosina, oletetaan Niesajoen vedenlaadun olevan samankaltainen toimintavuosien aikaisen kanssa. Kun eteläaltaan veden katsotaan olevan tarpeeksi hyvänlaatuista sen päästämiseksi Niesajokeen käsittelemättömänä, annetaan eteläaltaan veden vapaasti ylivuotaa jokeen.

Laimentumislaskelmia tehtiin ennakoimaan vedenlaatua Niesajoen suulla sulkemisvaiheelle kahdelle pääskenaariolle perustuen kappaleessa 8.1.3 kuvattuun geokemialliseen mallinnukseen:

Skenaario 1: Ennusteet skenaariolle, missä Muonionjoen putkisto on toiminnassa lopettamisen aikana ja sen seurauksena ainoa Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta Niesajokeen pääsevä vesi on suotovettä. Tämä on samankaltainen tilanne kuin mitä nähdään toimintojen aikana; suotovesien kuormitukset ovat kuitenkin erilaisia toimintojen aikana ennakkoiduihin nähden, koska geokemiallinen malli ottaa huomioon talteenottotöiden vaikutuksen Rautuvaaran rikastushiekka-altailla, erityisesti korkearikkisten rikastushiekkojen valuman hallitsemiseen liittyvän; ja

Skenaario 2: Ennusteet skenaariolle, missä Muonionjoen putkisto on otettu pois käytöstä ja kaiken ylimääräisen veden Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta (ylimääräinen pintavesi ja suotovesi) annetaan päästä Niesajokeen. Kuormituslähteiden

yksityiskohdat Rautuvaaran rikastushiekka-altaalle ja tähän skenaarioon tehty geokemiallinen mallinnustyö on hahmoteltu kappaleessa Hannukaisen hankealueen geokemiallinen mallinnus.

Molemmissa skenaarioissa on oletettu, että Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta ei ole veden käsittelyä, eikä Hannukaisen kaivokselta ole kuormituslähteitä.

Molemmille skenaarioille tehtiin kolme otosta, jotka ottivat huomioon eri talteenottovaihtoehtoja korkearikkisille rikastushiekoille:

- Huonoin tapaus olettaa, että 100 % korkearikkisistä rikastushiekoista pystyy myötävaikuttamaan kuormitukseen rikastushiekka-altailla.;
 - Keskisuuri tapaus olettaa, että 50 % korkearikkisistä rikastushiekoista on kapseloitu sulkemisen yhteydessä; ja
 - Paras tapaus olettaa, että 0 % korkearikkisistä rikastushiekoista pystyy myötävaikuttamaan kuormitukseen rikastushiekka-altailla.
- Ennustettu vedenlaatu Niesajoen suulla kuudelle otokselle on toimitettu taulukoissa 9-26 – 9-31.

Skenaarion 1 tulokset osoittavat huonompaa vedenlaatua eteläaltaassa lopettamisessa kuin toimintojen aikana. Kadmiumin, elohopean, molybdeenin, uraanin ja sinkin pitoisuudet ovat korkeammat kuin lähtötasossa kaikille kolmelle otokselle (0 - 100 % korkearikkisistä rikastushiekoista myötävaikuttaa pitoisuuksiin), kuparipitoisuuksien ylittäessä lähtötason olosuhteet 50 % ja 100 % korkearikkisten rikastushiekkojen myötävaikuttaessa kuormitukseen. Laskelmat osoittavat, että kuparipitoisuuksilla on mahdollisuus ylittää hälytysarvot skenaarioissa, missä 50 % ja 100 % korkearikkisistä rikastushiekoista myötävaikuttaa kuormitukseen.

Skenaarion 2 tulokset ennakoivat merkittävää nousua useilla keskeisillä ja muilla parametreilla. Kadmiumin, koboltin, kuparin, elohopean, uraanin ja sinkin ennusteiden ennakoidaan ylittävän hälytysarvot Niesajoen suulla. On huomioitava, että tässä skenaariossa oletetaan, että kaikki ylimääräinen vesi Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta päästetään alueelta Niesajokeen ilman käsittelyä. Tulokset antavat ymmärtää, että lisäkäsittelyn tai vesien päästämisen Muonionjokeen pitää jatkua sulkemiseen, kunnes alueen vedenlaatu on parempi kuin tässä arvioinnissa on ennakoitu, ennen kuin päästöt Muonionjokeen poistetaan.

Taulukko 9-23: Skenaario 1; Ennakoitu vedenlaadun muutos Niesajoen suulla suljettaessa; 0 % korkearikkisistä rikastushiekoista vaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS12		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	Lähtötason pitoisuus		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Skenaario 1; Suotaminen ainoastaan Niesajokeen; 0 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitriitti	mg/L							
Nitraatti	mg/L	0,15	20	0,053	0,0054	0,0056	-90	-89
Kloridi	mg/L	2	150	1,19	0,12	0,12	-90	-90
Sulfaatti	mg/L	39	80	25,3	2,9	3,8	-88	-85
Rauta	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,32	0,32	-50	-50
Alumiini	mg/L	0,067	0,1	0,039	0,019	0,019	-50	-50
Arseeni	mg/L	0,00045	0,005	0,00028	0,00014	0,00014	-50	-48
Kadmium	mg/L	2,8E-06	0,00008	2,5E-06	2,2E-06	4,2E-06	-14	69
Koboltti	mg/L	0,0004	0,004	0,0002	0,00012	0,00017	-38	-14
Kromi III	mg/L	0,00039	0,001	0,00035	0,00017	0,00017	-50	-50
Kupari	mg/L	0,0021	0,005	0,0014	0,00036	0,00039	-75	-72
Elohopea	mg/L	2,2E-06	0,00005	0,000001	1,3E-06	3,4E-06	34	240
Mangaani	mg/L	0,04	0,7	0,032	0,0039	0,0055	-88	-83
Molybdeeni	mg/L	0,000201	1	0,000146	0,00012	0,00024	-15	65
Nikkeli	mg/L	0,00244	0,02	0,00198	0,00024	0,00032	-88	-84
Lyijy	mg/L	0,000061	0,0072	0,00003	0,000015	0,000015	-50	-49
Uraani	mg/L	0,000227	0,015	0,000191	0,0008	0,0026	320	1300
Sinkki	mg/L	0,0022	0,03	0,00127	0,0011	0,0021	-14	69
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,007	0,027	0,004	0,0027	0,0048	-33	20
TOC	mg/L	10,8	24	6,6	3,3	3,3	-50	-50
Kalsium	mg/L	16	33	9,8	1,3	1,9	-87	-81
Kalium	mg/L	1,8	2,9	1,34	0,25	0,5	-82	-63
Magnesium	mg/L	5,3	9	3,08	0,34	0,42	-89	-86
Natrium	mg/L	3,4	5,8	2,36	0,26	0,31	-89	-87
Pii	mg/L	6,1	12	5,4	2,7	2,7	-50	-50
Barium	mg/L	0,0077	0,013	0,0074	0,0019	0,0019	-75	-75
Strontium	mg/L	0,041	0,07	0,0278	0,0036	0,0055	-87	-80
Antimoni	mg/L	0,000014	0,000029	0,000005	1,3E-06	1,3E-06	-75	-75

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-24: Skenaario 1; Ennakoitu vedenlaadun muutos Niesajoen suulla suljettaessa; 50 % korkearikkisistä rikastushiekoista voi vaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS12		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Skenaario 1; Suotaminen ainoastaan Niesajokeen; 50 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,15	20	0,053	0,0054	0,0056	-90	-89
Kloridi	mg/L	2	150	1,19	0,12	0,12	-90	-90
Sulfaatti	mg/L	39	80	25,3	2,9	3,8	-88	-85
Rauta	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,32	0,32	-50	-50
Alumiini	mg/L	0,067	0,1	0,039	0,019	0,019	-50	-50
Arseeni	mg/L	0,00045	0,005	0,00028	0,00014	0,00015	-50	-45
Kadmium	mg/L	2,8E-06	0,00008	2,5E-06	2,6E-06	5,7E-06	4,2	130
Koboltti	mg/L	0,0004	0,004	0,0002	0,00016	0,00031	-17	57
Kromi III	mg/L	0,00039	0,001	0,00035	0,00017	0,00017	-50	-50
Kupari	mg/L	0,0021	0,005	0,00142	0,0017	0,0056	22	290
Elohopea	mg/L	2,2E-06	0,00005	0,000001	1,8E-06	4,9E-06	83	390
Mangaani	mg/L	0,04	0,7	0,032	0,0039	0,0055	-88	-83
Molybdeeni	mg/L	0,000201	1	0,000146	0,00012	0,00024	-15	67
Nikkeli	mg/L	0,00244	0,02	0,00198	0,00028	0,00045	-86	-77
Lyijy	mg/L	0,000061	0,0072	0,00003	0,000016	0,000018	-48	-42
Uraani	mg/L	0,000227	0,015	0,000191	0,0008	0,0026	320	1300
Sinkki	mg/L	0,0022	0,03	0,00127	0,0011	0,0022	-12	74
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,007	0,027	0,004	0,003	0,01	-26	150
TOC	mg/L	10,8	24	6,6	3,3	3,3	-50	-50
Kalsium	mg/L	16	33	9,8	1,3	1,9	-87	-81
Kalium	mg/L	1,8	2,9	1,34	0,25	0,5	-82	-63
Magnesium	mg/L	5,3	9	3,08	0,34	0,42	-89	-86
Natrium	mg/L	3,4	5,8	2,36	0,26	0,31	-89	-87
Pii	mg/L	6,1	12	5,4	2,7	2,7	-50	-50
Barium	mg/L	0,0077	0,013	0,0074	0,0019	0,0019	-75	-75
Strontium	mg/L	0,041	0,07	0,0278	0,0036	0,0055	-87	-80
Antimoni	mg/L	0,000014	0,000029	0,000005	1,3E-06	1,3E-06	-75	-75

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-25: Skenaario 1; Ennakoitu vedenlaadun muutos Niesajoen suulla suljettaessa; 100 % korkearikkisistä rikastushiekoista voi vaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS12		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Skenaario 1; Suotaminen ainoastaan Niesajokeen; 100 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,15	20	0,053	0,0054	0,0056	-90	-89
Kloridi	mg/L	2	150	1,19	0,12	0,12	-90	-90
Sulfaatti	mg/L	39	80	25,3	2,9	3,9	-88	-85
Rauta	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,32	0,32	-50	-50
Alumiini	mg/L	0,067	0,1	0,039	0,019	0,019	-50	-50
Arseeni	mg/L	0,00045	0,005	0,00028	0,00014	0,00015	-48	-44
Kadmium	mg/L	2,8E-06	0,00008	2,5E-06	3,1E-06	7,1E-06	22	190
Koboltti	mg/L	0,0004	0,004	0,0002	0,00021	0,00045	5	130
Kromi	mg/L	0,00039	0,001	0,00035	0,00017	0,00017	-50	-50
Kupari	mg/L	0,0021	0,005	0,00142	0,0036	0,013	160	820
Elohopea	mg/L	2,2E-06	0,00005	0,000001	2,3E-06	6,3E-06	130	530
Mangaani	mg/L	0,04	0,7	0,032	0,004	0,0055	-88	-83
Molybdeeni	mg/L	0,000201	1	0,00015	0,00013	0,00024	-14	67
Nikkeli	mg/L	0,00244	0,02	0,002	0,00032	0,00058	-84	-71
Lyijy	mg/L	0,000061	0,0072	0,00003	0,000016	0,000018	-47	-40
Uraani	mg/L	0,000227	0,015	0,00019	0,0008	0,0026	320	1300
Sinkki	mg/L	0,0022	0,03	0,0013	0,0011	0,0022	-11	77
Other parameters								
Fosfaatti	mg/L	0,007	0,027	0,004	0,0043	0,014	8,6	250
TOC	mg/L	10,8	24	6,6	3,3	3,3	-50	-50
Kalsium	mg/L	16	33	9,8	1,3	1,9	-87	-81
Kalium	mg/L	1,8	2,9	1,34	0,25	0,5	-82	-63
Magnesium	mg/L	5,3	9	3,08	0,34	0,42	-89	-86
Natrium	mg/L	3,4	5,8	2,36	0,26	0,31	-89	-87
Pii	mg/L	6,1	12	5,4	2,7	2,7	-50	-50
Barium	mg/L	0,0077	0,013	0,0074	0,0019	0,0019	-75	-75
Strontium	mg/L	0,041	0,07	0,0278	0,0036	0,0055	-87	-80
Antimoni	mg/L	0,000014	0,000029	0,000005	1,3E-06	1,3E-06	-75	-75

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-26: Skenaario 2; Ennakoitu vedenlaadun muutos Niesajoen suulla suljettaessa; 0 % korkearikkisistä rikastushiekoista vaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS12		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Skenaario 2; rikastushiekka-altaan ylivuoto ja suotaminen Niesajokeen; 0 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,15	20	0,053	0,0096	0,016	-82	-69
Kloridi	mg/L	2	150	1,2	0,21	0,27	-82	-77
Sulfaatti	mg/L	39	79,7	25	16	43	-38	71
Rauta	mg/L	0,81	1,87	0,63	0,31	0,29	-51	-54
Alumiini	mg/L	0,067	0,1	0,039	0,019	0,018	-51	-53
Arseeni	mg/L	0,00045	0,005	0,00028	0,00014	0,00027	-48	-3.7
Kadmium	mg/L	2,8E-06	0,00008	2,5E-06	0,000031	0,000098	1200	3800
Koboltti	mg/L	0,00042	0,004	0,0002	0,00084	0,0024	330	1100
Kromi III	mg/L	0,00039	0,001	0,00035	0,00017	0,00016	-51	-54
Kupari	mg/L	0,0021	0,005	0,0014	0,00054	0,0015	-62	6
Elohopea	mg/L	2,2E-06	0,00005	0,000001	0,000028	0,000095	2700	9400
Mangaani	mg/L	0,038	0,7	0,032	0,027	0,075	-17	130
Molybdeeni	mg/L	0,0002	1	0,00015	0,0018	0,0056	1100	3700
Nikkeli	mg/L	0,0024	0,02	0,002	0,0015	0,0042	-23	110
Lyijy	mg/L	0,000061	0,0072	0,00003	0,000016	0,000019	-47	-36
Uraani	mg/L	0,00023	0,015	0,00019	0,026	0,084	13000	44000
Sinkki	mg/L	0,0022	0,03	0,0013	0,016	0,05	1100	3800
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,007	0,027	0,004	0,024	0,093	510	2200
TOC	mg/L	11	24	6,6	3,2	3	-51	-54
Kalsium	mg/L	16	33	9,8	10	30	3,4	210
Kalium	mg/L	1,8	2,9	1,3	3,9	12	190	800
Magnesium	mg/L	5,3	9,1	3,1	1,5	3,9	-53	26
Natrium	mg/L	3,4	5,8	2,4	1,1	2,7	-55	15
Pii	mg/L	6,1	12	5,4	2,7	2,7	-50	-50
Barium	mg/L	0,0077	0,013	0,0074	0,0021	0,0023	-71	-69
Strontium	mg/L	0,041	0,069	0,028	0,031	0,093	12	230
Antimoni	mg/L	0,000014	0,000029	0,000005	1,3E-06	1,3E-06	-75	-74

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-27: Skenaario 2; Ennakoitu vedenlaadun muutos Niesajoen suulla suljettaessa; 50 % korkearikkisistä rikastushiekoista voi vaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS12		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Skenaario 2; rikastushiekka-altaan ylivuoto ja suotaminen Niesajokeen; 50 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,15	20	0,053	0,0095	0,016	-82	-69
Kloridi	mg/L	2	150	1,2	0,21	0,27	-82	-77
Sulfaatti	mg/L	39	79,7	25	16	44	-37	76
Rauta	mg/L	0,81	1,87	0,63	0,31	0,29	-51	-54
Alumiini	mg/L	0,067	0,1	0,039	0,019	0,018	-51	-53
Arseeni	mg/L	0,00045	0,005	0,00028	0,00017	0,00056	-40	100
Kadmium	mg/L	2,8E-06	0,00008	2,5E-06	0,000046	0,00015	1700	5700
Koboltti	mg/L	0,00042	0,004	0,0002	0,0023	0,0069	1100	3400
Kromi III	mg/L	0,00039	0,001	0,00035	0,00018	0,00017	-49	-52
Kupari	mg/L	0,0021	0,005	0,0014	0,046	0,17	3100	12000
Elohopea	mg/L	2,2E-06	0,00005	0,000001	0,000045	0,00014	4400	14000
Mangaani	mg/L	0,038	0,7	0,032	0,027	0,077	-17	140
Molybdeeni	mg/L	0,0002	1	0,00015	0,0018	0,0056	1100	3800
Nikkeli	mg/L	0,0024	0,02	0,002	0,0028	0,0084	43	330
Lyijy	mg/L	0,000061	0,0072	0,00003	0,000038	0,000092	25	200
Uraani	mg/L	0,00023	0,015	0,00019	0,026	0,084	13000	44000
Sinkki	mg/L	0,0022	0,03	0,0013	0,016	0,052	1200	4000
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,007	0,027	0,004	0,034	0,27	750	6600
TOC	mg/L	11	24	6,6	3,2	3	-51	-54
Kalsium	mg/L	16	33	9,8	10	30	3,7	210
Kalium	mg/L	1,8	2,9	1,3	3,9	12	190	800
Magnesium	mg/L	5,3	9,1	3,1	1,5	3,9	-53	26
Natrium	mg/L	3,4	5,8	2,4	1,1	2,7	-55	15
Pii	mg/L	6,1	12	5,4	2,7	2,7	-50	-50
Barium	mg/L	0,0077	0,013	0,0074	0,0021	0,0023	-71	-69
Strontium	mg/L	0,041	0,069	0,028	0,031	0,092	11	230
Antimoni	mg/L	0,000014	0,000029	0,000005	1,3E-06	1,3E-06	-75	-74

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-28: Skenaario 2; Ennakoitu vedenlaadun muutos Niesajoen suulla suljettaessa; 100 % korkearikkisistä rikastushiekoista voi vaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS12		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Skenaario 2; rikastushiekka-altaan ylivuoto ja suotaminen Niesajokeen; 100 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,15	20	0,053	0,0095	0,016	-82	-69
Kloridi	mg/L	2	150	1,2	0,21	0,27	-82	-77
Sulfaatti	mg/L	39	79,7	25	16	46	-36	80
Rauta	mg/L	0,81	1,87	0,63	0,31	0,35	-51	-44
Alumiini	mg/L	0,067	0,1	0,039	0,019	0,02	-51	-49
Arseeni	mg/L	0,00045	0,005	0,00028	0,00028	0,00064	-1	130
Kadmium	mg/L	2,8E-06	0,00008	2,5E-06	0,000061	0,00019	2300	7600
Koboltti	mg/L	0,00042	0,004	0,0002	0,0037	0,012	1800	5800
Kromi	mg/L	0,00039	0,001	0,00035	0,00018	0,00017	-49	-50
Kupari	mg/L	0,0021	0,005	0,0014	0,11	0,41	7600	29000
Elohopea	mg/L	2,2E-06	0,00005	0,000001	0,000059	0,00019	5800	19000
Mangaani	mg/L	0,038	0,7	0,032	0,027	0,077	-16	140
Molybdeeni	mg/L	0,0002	1	0,00015	0,0018	0,0057	1100	3800
Nikkeli	mg/L	0,0024	0,02	0,002	0,0041	0,013	110	540
Lyijy	mg/L	0,000061	0,0072	0,00003	0,000044	0,00012	46	280
Uraani	mg/L	0,00023	0,015	0,00019	0,026	0,084	13000	44000
Sinkki	mg/L	0,0022	0,03	0,0013	0,017	0,053	1200	4100
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,007	0,027	0,004	0,08	0,39	1900	9700
TOC	mg/L	11	24	6,6	3,2	3	-51	-54
Kalsium	mg/L	16	33	9,8	10	30	4,2	210
Kalium	mg/L	1,8	2,9	1,3	3,9	12	190	800
Magnesium	mg/L	5,3	9,1	3,1	1,5	3,9	-53	27
Natrium	mg/L	3,4	5,8	2,4	1,1	2,7	-55	15
Pii	mg/L	6,1	12	5,4	2,7	2,7	-50	-50
Barium	mg/L	0,0077	0,013	0,0074	0,0021	0,0023	-72	-69
Strontium	mg/L	0,041	0,069	0,028	0,031	0,092	11	230
Antimoni	mg/L	0,000014	0,000029	0,000005	1,3E-06	1,3E-06	-75	-74

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

9.5 Kylmäoja

Rakentamisvaihe; Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen vaikutus

Rautuvaaran rikastushiekka-altaan esirakennusvaiheeseen liittyvät rakennustoiminnot sisältävät luultavasti padon korjaamisen nykyisen Niesan altaan pohjoisaltaan pohjoispäähän (pohjoinen pato). Lisäksi tulee uusien poisto-ojien rakentaminen Rautuvaaran rikastushiekka-altaan pohjoisaltaasta pohjoiseen ja etelään.

Ei ole mahdollista määritellä näitä seurauksia, koska vaikutukseen riippuvat useista tekijöistä, kuten töiden ajoituksesta ja kuinka työt järjestetään. Jos vaikutuksia ei kuitenkaan lievennetä, on mahdollisuus kiintoaineiden pääsemisestä virtavesiin maatöiden seurauksena. On olemassa myös koneiden öljy ja polttoainevuotojen mahdollisuus rakennustöiden aikana.

Sen perusteella, että rakennustyöt tehdään tehokkaan sedimenttikontrollin ja ympäristönhallinta suunnitelmien parhaita käytäntöjä noudattaen, on odotettavissa, että vaikutukset Kylmäojan vedenlaatuun voidaan minimoida, eivätkä ne ole merkittäviä.

Toimintavaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen vaikutus pintaveden määrään

Tehtiin alustava rakentamisen mahdollisia vaikutuksia pintaveden määrään tunnistava ennakoarviointi ja sitä kehitettiin lisää lähtötason arvioinnin aikana. Kaikki tunnistetut mahdolliset vaikutukset esitettiin taulukossa 4-3.

Rautuvaaran alueen toimintojen tärkeimmät vaikutukset Kylmäojan veden määrään ovat:

- Virtaamien muutokset Kylmäojassa Niesan altaan muutosten takia, mukaan lukien uusien patojen ja johtamiskanava rakentaminen; ja
- Virtausnopeuksien muutos Pohjoisaltaan Kylmäojaan suotamisen takia.

Tällä hetkellä Niesan altaasta ei ole pintaveden päästöjä Kylmäojaan ja näin on myös rakentamisen jälkeen. Kylmäojan valuma-alueeseen ei ole ehdotettuja muutoksia; on todennäköistä, että pato alueen pohjoisosassa vaihdetaan ja korotetaan, mutta sijainti pysyy samana ja siksi padon muokkaamisen ei pitäisi muuttaa nykyistä hydrologista järjestelmää.

Alueen ehdotetun laajentamisen ei ennakoida vaikuttavan Kylmäojaan valuviin pieniin valuma-alueisiin Niesan altaalta pohjoiseen ja itään (näytetään kuvassa 9-6). Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentaminen ei aiheuta muutoksia Kylmäojan virtaamiin johtuen pintaveden valuma-aluiden tai virtausreittien muutoksista.

Niesan altaan pohjavesimallinnus on tuottanut suotamisnopeuksien ennusteen altaalta Kylmäojaan tilanteille ennen ja jälkeen rakentamisen. Ennakoidut suotamisnopeudet ennen ja jälkeen rakentamisen on hahmoteltu taulukossa 9-32. Keskimääräisiin olosuhteisiin perustuen muutos virtausnopeuksissa on vähäinen, alle 1 l/s. Laskelmat rakentamisen jälkeiselle suotamisnopeudelle talvikuukausina ovat hieman vuotuista keskiarvoa korkeammat, mutta ero nykyisiin olosuhteisiin odotetaan olevan sama. Laittaakseen nämä muutokset asiayhteyteen talvivirtaus Kylmäojan suulla on noin 80 L/s maaliskuussa (vuoden alin) ja noin 300 L/s elokuussa (kesäkuukausien alin), perustuen taulukkoon 6-32.

Tulokset osoittavat pientä suotamisen nousua Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta Kylmäojaan, mutta mitättömällä nopeudella.

Taulukko 9-29: Muutokset suotonopeuksissa Kylmäojaan (olettaen että ilmasto-olosuhteet ovat keskimääräisiä)

	Päivittäisen suotomäärän keskiarvo (m ³ /vrk)	Suotomäärän keskiarvo (l/s)
Nykyinen	88,8	1,03
Rakentamisen jälkeinen	94,0	1,09
Erotus	+5,2	+0,06

Toimintavaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan kehittämisen vaikutus pintaveden laatuun

Tehtiin alustava rakentamisen mahdollisia vaikutuksia pintaveden laadun tunnistava ennakoarviointi ja sitä kehitettiin lisää lähtötason arvioinnin aikana. Kaikki tunnistetut mahdolliset vaikutukset esitettiin taulukossa 4-3.

Rautuvaaran alueen toimintojen tärkeimmät vaikutukset Kylmäojan veden laatuun ovat:

- Sedimenttien vapautumiset tai olemassa olevien rikastushiekkojen häiriintyminen Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen aikana;
- Suotaminen pohjoisaltaasta Kylmäojaan; ja
- Rikastushiekkojen kiintoaineiden tai selkeytysaltaiden käsittelemättömän veden hallitsematon purkautuminen

Normaalien toimintojen aikana kaikki Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta päästetty pintavesi johdetaan Muonionjokeen. Sen vuoksi rikastushiekka-altaalta ei odoteta pintaveden päästöjä Kylmäojaan. Pohjoisaltaasta on kuitenkin mahdollisuus veden suotamiselle Kylmäojaan, suotoveden päästessä ojaan lähellä pohjoista patoa.

Suotamisnopeudet rikastushiekka-altaalta Kylmäojaan laskettiin käyttämällä Niesan altaan alueen pohjavesimallia (kappale 8.1.1), virtaamanopeudet yhteenvedettynä taulukossa 9-32. Ennusteet tärkeimpien vedenlaadun parametrien aiheuttamasta kuormituksesta on yhteenvedettynä taulukossa 9-33, menetelmät kerrottuna yksityiskohtaisemmin kappaleessa 8.1.3. Tässä vaiheessa on epäselvää, otetaanko altaan suotovesi talteen suotovesikaivojen kautta, joten arviointi olettaa konservatiivisesti, että kaikki suotovesi pääsee Kylmäojaan.

Sarja yksinkertaisia laimentumislaskelmia tehtiin suotoveden vaikutuksen arvioimiseksi lähtötason mediaani vedenlaatuun Kylmäojan suulla, perustuen lähtötason vedenlaatuun ja virtausnopeuksiin vedenlaadun testausasemalla FS03. Tulokset on annettu taulukossa 9-33.

Tulokset näyttävät vähäisiä muutoksia (alle 10 %) kaikissa vedenlaadun parametreissa, eikä minkään pitoisuuden ennakoida ylittävän kynnysarvoja tai hälytysarvoja. Kaikkien parametrien, poislukien rikki ja kaliumi kevään virtausolosuhteiden aikana, muutokset pitoisuuksissa ennakoitaan olevan alle 1 %. Tämä ei ole odottamatonta ottaen huomioon virtaamien pienen muutoksen alueelta Kylmäojaan verrattuna lähtötason olosuhteisiin.

Taulukossa 9-33 esitetyt tulokset ovat kaivoksen elinajalle eli kaivostoiminnan lopussa. Muiden vuosien vaikutukset vedenlaatuun ovat hyvin samanlaisia, ja koska Niesajoen vedenlaadussa on kokonaisvaltainen parannus, muiden vuosien tuloksia ei ole sisällytetty.

Kuten yläpuolella on mainittu, Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta ei pitäisi olla pintaveden päästöjä Kylmäojaan. On kuitenkin olemassa hallitsemattoman päästön riski ylivuodon tai pohjoisen padon vian tapauksessa.

Pöyry on tekemässä vesitaselaskelmia Niesan altaalle ja tällä hetkellä ei ole tietoa selkeytykseltään suunnittelustandardeista tai yksityiskohtia altaan mahdollisesta ylivuotamisesta (mm. jonka yli kausittaista myrsky-ylivuotoa voi tapahtua). Siten tällä hetkellä ei ole tietoa minkä pohjalta tehdä tarkkaa analyysia ylivuotamisen vaikutuksista alajuoksuun.

Pato tulee kuitenkin olemaan ylläpidetty rakenne ja on oletettu, että pato suunnitellaan ja hoidetaan Kylmäojaan päätyvien hallitsemattomien päästöjen vaaran minimoimiseksi.

Sulkemisen jälkeinen vaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan sulkemisen vaikutus pintavedenmäärään

Suotamisnopeudet Pohjoisaltaasta Kylmäojaan riippuvat sulkemisen jälkeisestä vedentasosta altaassa. Kuitenkin huomioiden matalat suotamisnopeudet toimintojen aikana ja todennäköisyys, että altaan vedenkorkeudet pidetään lähellä toimintojen aikaisia, ei ole odotettavissa merkittäviä vaikutuksia veden määrään Kylmäojassa Rautuvaaran rikastushiekka-altaan sulkemisen aikana.

Sulkemisen jälkeinen vaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan sulkemisen vaikutus pintavedenlaatuun

Pohjoinen vastapainepatoa ylläpidetään sulkemisen jälkeen ja toimintojen lopettamisen jälkeen Rautuvaaran alueella on oletettavissa, että suurin ulosvirtaus alueelta tulee olemaan etelään Niesajokeen tai Muonionjokeen. Kylmäojaan ei ennakoida pintaveden ulosvirtaamia ja kaikki Rautuvaaran rikastushiekka-altaan vaikutukset tulee Pohjoislammen suotamisesta.

Sulkemisenjälkeiset suotamisnopeudet laskettiin perustuen pohjavesimallinnukseen (Kappale 8.1.1) ja geokemialliseen mallia (Kappale 8.1.3) käytettiin tekemään ennusteita pohjoisaltaan vedenlaadusta sulkemisen aikana.

Kolmea sulkemisvaihtoehtoa harkitaan, riippuen korkearikkisen rikastushiekan kapseloinnin onnistumisesta sulkemisen aikana:

- Huonoin tapaus olettaa, että 100 % korkearikkisistä rikastushiekoista pystyy myötävaikuttamaan kuormitukseen rikastushiekka-altailla.;
- Keskisuuri tapaus olettaa että 50 % korkearikkisiltä rikastushiekoista on kapseloitu suljettaessa; ja
- Paras tapaus olettaa, että 0 % korkearikkisistä rikastushiekoista pystyy myötävaikuttamaan kuormitukseen rikastushiekka-altailla.

Tulokset kaikille kolmelle kokeelle annetaan taulukosta 9-34 taulukkoon 9-36

Tulokset näyttävät vähäisiä muutoksia (alle 10 %) kaikissa vedenlaadun muuttujissa kaikille kolmelle mallinnetulle skenaariolle, eikä minkään pitoisuuden ennakoida ylittävän kynnyksarvoja tai hälytysarvoja. Useimmat parametrit muuttuvat noin 1 % tai alle lähtötason tilanteesta. Ainoa muuttuja, minkä odotetaan ylittävän lähtötason yli 10 prosentilla, on kalium (ei tärkeä muuttuja) keväällä huonoimman mahdollisuuden skenaariossa 100 %

korkearikkisistä rikastushiekoista myötävaikuttaessa rikastushiekka-altaan kuormitukseen. Tässä tapauksessa ennakoitu pitoisuus on vielä alle kynnysarvon.

Tulokset osoittavat, että muutosten nykyiseen Rautuvaaran rikastushiekka-altaaseen ei odoteta vaikuttavan Kylmäojan vedenlaatuun

Taulukko 9-30: Ennakoidut muutokset vedenlaatuun Kylmäojan suulla (vedenlaadun mittausasema FS03) Rautuvaaran rikastushiekka-altaan suotamisen vuoksi toimintojen aikana

Muuttuja	Yksikkö	aWQO – FS03		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Keskeiset muuttujat								
Nitraatti	mg/l	0,077	20	0,013	0,013	0,013	0,1	0,5
Kloridi	mg/l	1	150	0,79	0,8	0,79	0,6	-0,05
Sulfaatti	mg/l	6,8	65	4,4	4,4	4,3	0,74	-0,039
Rauta	mg/l	0,59	2,6	0,44	0,44	0,44	-0,28	-0,048
Alumiini	mg/l	0,049	0,1	0,022	0,022	0,022	-0,02	-0,05
Arseeni	mg/l	0,0001	0,005	0,000061	0,000061	0,000061	-0,02	-0,06
Kadmium	mg/l	0,000003	0,00008	2,5E-06	2,5E-06	2,5E-06	-0,04	-0,13
Koboltti	mg/l	0,00031	0,004	0,00019	0,00019	0,00019	-0,027	-0,072
Kromi	mg/l	0,00034	0,001	0,00027	0,00027	0,00027	-0,02	-0,05
Kupari	mg/l	0,00052	0,005	0,00042	0,00042	0,00042	-0,02	-0,03
Elohopea	mg/l	1,4E-06	0,00005	0,000001	0,000001	0,000001	-0,026	-0,066
Mangaani	mg/l	0,032	0,7	0,024	0,024	0,024	-0,027	-0,074
Molybdeeni	mg/l	0,00024	1	0,00019	0,00019	0,00019	0	0,1
Nikkeli	mg/l	0,00069	0,02	0,00048	0,00048	0,00048	0	0
Lyijy	mg/l	0,000057	0,0072	0,000039	0,000039	0,000039	-0,03	-0,07
Uraani	mg/l	0,000091	0,015	0,000065	0,000065	0,000065	0	0,1
Sinkki	mg/l	0,0016	0,03	0,00034	0,00034	0,00034	-0,02	-0,06
Muut muuttujat								
Fosfaatti	mg/l	0,01	0,026	0,008	0,008	0,008	0	0
TOC	mg/l	8,1	16	4,7	4,4	4,3	0,74	-0,04
Kalsium	mg/l	5,8	17	4,4	4,3	4,4	-0,25	-0,05
Kalium	mg/l	0,88	2,1	0,64	0,66	0,64	3,9	-0,03
Magnesium	mg/l	1,5	4,3	1,2	1,2	1,2	-0,77	-0,05
Natrium	mg/l	2,3	8,1	2	2	2	2,1	-0,04
Pii	mg/l	6,6	12	5	5	5	0,06	-0,05
Barium	mg/l	0,014	0,022	0,012	0,012	0,012	-0,02	-0,05
Strontium	mg/l	0,02	0,035	0,017	0,017	0,017	-0,02	-0,05
Antimoni	mg/l	0,000014	0,000024	0,000011	0,00001	0,00001	-0,02	-0,02

^a Äkäsojen kynnysarvoja (TV) ja hälytysarvoja (AV) käytetään Kylmäojalle, koska sille ei ole kehitetty vedenlaatatavoitteita.

^b 50 % tai enemmän lähtötason tuloksista on havaintorajan alle.

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-31: Ennakoitu muutos vedenlaatuun Kylmäojan suulla suljettaessa; 0 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen

Muuttuja	Yksikkö	^a WQO – FS03		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Rikastushiekka-altaan Suotaminen Kylmäojaan, 0 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset muuttujat								
Nitriitti	mg/l							
Nitraatti	mg/l	0,077	20	0,013	0,013	0,013	1,6	1,6
Kloridi	mg/l	1	150	0,79	0,79	0,79	-0,4	-0,4
Sulfaatti	mg/l	6,8	65	4,4	4,4	4,3	1,2	-1,2
Rauta	mg/l	0,59	2,6	0,44	0,44	0,44	0	0
Alumiini	mg/l	0,049	0,1	0,022	0,022	0,022	0	0
Arseeni	mg/l	0,0001	0,005	0,000061	0,000061	0,000061	-0,16	-0,16
Kadmium	mg/l	0,000003	0,00008	2,5E-06	2,5E-06	2,5E-06	0	0
Koboltti	mg/l	0,00031	0,004	0,00019	0,00019	0,00019	-1	-1
Kromi	mg/l	0,00034	0,001	0,00027	0,00027	0,00027	-1,5	-1,5
Kupari	mg/l	0,00052	0,005	0,00042	0,00042	0,00042	0,48	0,48
Elohopea	mg/l	1,4E-06	0,00005	0,000001	0,000001	0,000001	0	0
Mangaani	mg/l	0,032	0,7	0,024	0,024	0,024	-1,6	-1,6
Molybdeeni	mg/l	0,00024	1	0,00019	0,00019	0,00019	1,1	1,1
Nikkeli	mg/l	0,00069	0,02	0,00048	0,00048	0,00048	-0,21	-0,21
Lyijy	mg/l	0,000057	0,0072	0,000039	0,000039	0,000039	0	0
Uraani	mg/l	0,000091	0,015	0,000065	0,000065	0,000065	-0,58	-0,58
Sinkki	mg/l	0,0016	0,03	0,00034	0,00034	0,00034	-0,15	-0,15
Muut muuttujat								
Fosfaatti	mg/l	0,01	0,026	0,008	0,008	0,008	-0,5	-0,5
TOC	mg/l	8,1	16	4,7	4,7	4,7	-0,84	-0,84
Kalsium	mg/l	5,8	17	4,4	4,4	4,4	0,92	0,92
Kalium	mg/l	0,88	2,1	0,64	0,64	0,64	0,16	0,16
Magnesium	mg/l	1,5	4,3	1,2	1,2	1,2	0,84	0,84
Natrium	mg/l	2,3	8,1	2	2	2	2	2
Pii	mg/l	6,6	12	5	5	5	-0,2	-0,2
Barium	mg/l	0,014	0,022	0,012	0,012	0,012	2,6	2,6
Strontium	mg/l	0,02	0,035	0,017	0,017	0,017	-0,58	-0,58
Antimoni	mg/l	0,000014	0,000024	0,000011	0,00001	0,00001	-4,8	-4,8

^a Äkäsojen kynnysarvoja (TV) ja hälytysrajoja (AV) käytetään Kylmäojalle, koska sille ei ole kehitetty vedenlaatuavoitteita.

Huom: Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

b 50 % tai enemmän lähtötason tuloksista on havaintorajan alle.

Taulukko 9-32: Ennakoitu muutos vedenlaatuun Kylmäojan suulla suljettaessa, 50 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen

Muuttuja	Yksikkö	aWQO – FS03		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Rikastushiekka-altaan suotaminen Kylmäojaan, 50 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset muuttujat								
Nitraatti	mg/l	0,077	20	0,013	0,013	0,013	1,6	1,6
Kloridi	mg/l	1	150	0,79	0,8	0,79	0,88	-0,38
Sulfaatti	mg/l	6,8	65	4,4	4,7	4,3	8	-1,2
Rauta	mg/l	0,59	2,6	0,44	0,44	0,44	0	0
Alumiini	mg/l	0,049	0,1	0,022	0,022	0,022	0	0
Arseeni	mg/l	0,0001	0,005	0,000061	0,000061	0,000061	-0,16	-0,16
Kadmium	mg/l	0,000003	0,00008	2,5E-06	2,5E-06	2,5E-06	0	0
Koboltti	mg/l	0,00031	0,004	0,00019	0,00019	0,00019	-1	-1
Kromi	mg/l	0,00034	0,001	0,00027	0,00027	0,00027	-1,5	-1,5
Kupari	mg/l	0,00052	0,005	0,00042	0,00042	0,00042	0,48	0,48
Elohopea	mg/l	1,4E-06	0,00005	0,000001	0,000001	0,000001	0	0
Mangaani	mg/l	0,032	0,7	0,024	0,024	0,024	-1,6	-1,6
Molybdeeni	mg/l	0,00024	1	0,00019	0,00019	0,00019	1,1	1,1
Nikkeli	mg/l	0,00069	0,02	0,00048	0,00048	0,00048	-0,21	-0,21
Lyijy	mg/l	0,000057	0,0072	0,000039	0,000039	0,000039	0	0
Uraani	mg/l	0,000091	0,015	0,000065	0,00034	0,00034	-0,58	-0,58
Sinkki	mg/l	0,0016	0,03	0,00034	0,000066	0,00007	1,4	7,5
Muut muuttujat								
Fosfaatti	mg/l	0,01	0,026	0,008	0,008	0,008	-0,5	-0,5
TOC	mg/l	8,1	16	4,7	4,7	4,7	-0,84	-0,84
Kalsium	mg/l	5,8	17	4,4	4,7	4,4	7,8	0,9
Kalium	mg/l	0,88	2,1	0,64	0,81	0,64	27	0,16
Magnesium	mg/l	1,5	4,3	1,2	1,2	1,2	0,84	0,84
Natrium	mg/l	2,3	8,1	2	2	2	2	2
Pii	mg/l	6,6	12	5	5	5	-0,2	-0,2
Barium	mg/l	0,014	0,022	0,012	0,012	0,012	2,6	2,6
Strontium	mg/l	0,02	0,035	0,017	0,017	0,017	-0,58	-0,58
Antimoni	mg/l	0,000014	0,000024	0,000011	0,00001	0,00001	-4,8	-4,8

a Äkäsojen kynnysarvoja (TV) ja hälytysrajoja (AV) käytetään Kylmäojalle, koska sille ei ole kehitetty vedenlaatatavoitteita.

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

b 50 % tai enemmän lähtötason tuloksista on havaintorajan alle.

Taulukko 9-33: Ennakoidut muutokset vedenlaatuun Kylmäojan suulla suljettaessa; 100 % korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen

Muuttuja	Yksikkö	aWQO – FS03		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kesäkuu	Talvi	Kesäkuu	Talvi
Rikastushiekka-altaan suotaminen Kylmäojaan, 100 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset muuttujat								
Nitraatti	mg/l	0,077	20	0,013	0,013	0,013	1,6	1,6
Kloridi	mg/l	1	150	0,79	0,8	0,79	0,88	-0,38
Sulfaatti	mg/l	6,8	65	4,4	4,7	4,3	8	-1,2
Rauta	mg/l	0,59	2,6	0,44	0,44	0,44	0	0
Alumiini	mg/l	0,049	0,1	0,022	0,022	0,022	0	0
Arseeni	mg/l	0,0001	0,005	0,000061	0,000061	0,000061	-0,16	-0,16
Kadmium	mg/l	0,000003	0,00008	2,5E-06	2,5E-06	2,5E-06	0	0
Koboltti	mg/l	0,00031	0,004	0,00019	0,00019	0,00019	-1	-1
Kromi	mg/l	0,00034	0,001	0,00027	0,00027	0,00027	-1,5	-1,5
Kupari	mg/l	0,00052	0,005	0,00042	0,00042	0,00042	0,48	0,48
Elohopea	mg/l	1,4E-06	0,00005	0,000001	0,000001	0,000001	0	0
Mangaani	mg/l	0,032	0,7	0,024	0,024	0,024	-1,6	-1,6
Molybdeeni	mg/l	0,00024	1	0,00019	0,00019	0,00019	1,1	1,1
Nikkeli	mg/l	0,00069	0,02	0,00048	0,00048	0,00048	-0,21	-0,21
Lyijy	mg/l	0,000057	0,0072	0,000039	0,000039	0,000039	0	0
Uraani	mg/l	0,000091	0,015	0,000065	0,00034	0,00034	-0,58	-0,58
Sinkki	mg/l	0,0016	0,03	0,00034	0,000066	0,00007	1,4	7,5
Muut muuttujat								
Fosfaatti	mg/l	0,01	0,026	0,008	0,008	0,008	-0,5	-0,5
TOC	mg/l	8,1	16	4,7	4,7	4,7	-0,84	-0,84
Kalsium	mg/l	5,8	17	4,4	4,7	4,4	7,8	0,92
Kalium	mg/l	0,88	2,1	0,64	0,81	0,64	27	0,16
Magnesium	mg/l	1,5	4,3	1,2	1,2	1,2	0,84	0,84
Natrium	mg/l	2,3	8,1	2	2	2	2	2
Pii	mg/l	6,6	12	5	5	5	-0,2	-0,2
Barium	mg/l	0,014	0,022	0,012	0,012	0,012	2,6	2,6
Strontium	mg/l	0,02	0,035	0,017	0,017	0,017	-0,58	-0,58
Antimoni	mg/l	0,000014	0,000024	0,000011	0,00001	0,00001	-4,8	-4,8

a Äkäsojen kynnysarvoja (TV) ja hälytysrajoja (AV) käytetään Kylmäojalle, koska sille ei ole kehitetty vedenlaatatavoitteita.

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

b 50 % tai enemmän lähtötason tuloksista on havaintorajan alle.

9.6 Muonionjoki

Tehtiin alustava rakentamisen mahdollisia vaikutuksia pintaveden määrään tunnistava laajennettu laskutoimitus ja sitä kehitettiin lisää lähtötason arvioinnin aikana. Kaikki tunnistetut mahdolliset vaikutukset esitettiin taulukossa 4-3.

Toimintavaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen, sisältäen veden purkautuminen Muonionjokeen, vaikutus pintaveden määrään

Virtaamamuutoksilla Niesajoessa, Kylmäojassa ja Äkäsjöessä on mahdollisuus vaikuttaa Muonionjoen virtaamiin. Suurin osa tutkituista virtaamien muutoksista kuitenkin liittyy veden kääntämiseen yhdeltä valuma-alueelta toiselle, (mm. veden pumppaus kaivosalueelta Äkäsjoen valuma-alueelta Niesan altaaseen tai veden pumppaus Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta suoraan Muonionjokeen), kaikki Muonionjoen sivuvaluma-alueita. Siten vaikka virtaamissa saattaa olla kaivosalueella tai Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta varastoinnin seurauksena ajoituksen muutoksia, Muonionjoen virtaamiin tulee vähäinen nettovaikutus.

Ehdotettu putkisto Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta Muonionjokeen tulee olemaan noin 600mm halkaisijaltaan, Taulukossa 9-37 esitetyillä ylivuotonopeuksilla perustuen Pöyryn (2012c) tekemiin vesitaseanalyysiin. Taulukon 9-37 tulokset osoittavat, että käsittelylaitoksen jäteveden poisto muodostaa alle 1 % joen kokonaisvirtaamasta, jopa talvikuukausina. Virtaamamäärät Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta Muonionjokeen lisääntyvät läpi kaivoksen elinajan, saavuttaen huippunsa kaivoksen elinkaaren lopulla, milloin poistot saavuttavat 0,65 % tason joen kokonaisvirtaamasta

Muonionjoki (14,500 km² valuma-alue) on todella iso joki verrattuna Niesajokeen (70 km² valuma-alue) ja Kylmäojaan (39 km² valuma-alueet) ja varastoinnista, vedenpumppauksesta ja Rautuvaaran rikastushiekka-altaan suotamisesta aiheutuvilla muutoksilla on vähäinen (alle 1 %) vaikutus Muonionjoen virtaamamäärille.

Taulukko 9-34: Kuukausittaisten Muunionjoen keskivirtaamien vertailu ennakoituihin purkupisteen päästömääriin Pöyrytä (2012a)

Kuukausittaiset keskivirtaamat Muunionjoessa (m³/s)												
	Tam	Hel	Mar	Huh	Tou	Kesä	Hei	Elo	Syys	Lok	Mar	Jou
Keskivirtaama	42,1	37,5	34,9	53,6	467	483	226	172	169	139	77	52
Vuosi	Purkupisteen päästö (m³/s)											
1	0,019	0,026	0,022	0,024	0,010	0,007	0,001	0,005	0,020	0,096	0,086	0,083
2	0,076	0,045	0,057	0,060	0,099	0,030	0,028	0,050	0,055	0,051	0,023	0,020
3	0,040	0,046	0,058	0,061	0,146	0,039	0,038	0,059	0,063	0,060	0,024	0,021
4	0,056	0,062	0,074	0,077	0,161	0,055	0,054	0,075	0,079	0,076	0,040	0,037
5	0,056	0,061	0,073	0,077	0,196	0,063	0,064	0,086	0,087	0,083	0,041	0,037
6	0,080	0,087	0,117	0,082	0,295	0,110	0,113	0,243	0,209	0,135	0,105	0,099
7	0,086	0,051	0,066	0,068	0,295	0,114	0,118	0,247	0,214	0,140	0,110	0,104
8	0,090	0,055	0,070	0,073	0,325	0,127	0,134	0,263	0,226	0,151	0,116	0,109
9	0,094	0,059	0,073	0,076	0,333	0,132	0,140	0,269	0,231	0,156	0,120	0,112
10	0,098	0,063	0,078	0,081	0,338	0,137	0,145	0,274	0,236	0,160	0,124	0,117
11	0,104	0,069	0,083	0,086	0,282	0,146	0,195	0,248	0,284	0,207	0,131	0,122
12	0,115	0,080	0,094	0,098	0,299	0,174	0,219	0,270	0,301	0,217	0,143	0,134
13	0,136	0,100	0,115	0,118	0,319	0,194	0,239	0,291	0,321	0,238	0,163	0,154
14	0,146	0,110	0,124	0,128	0,333	0,205	0,251	0,302	0,333	0,249	0,174	0,164
15	0,164	0,169	0,142	0,107	0,388	0,185	0,269	0,320	0,312	0,304	0,191	0,182
16	0,182	0,188	0,161	0,126	0,407	0,203	0,287	0,339	0,330	0,322	0,210	0,200
17	0,193	0,199	0,171	0,136	0,422	0,215	0,300	0,351	0,342	0,334	0,221	0,211
18	0,211	0,217	0,189	0,154	0,477	0,233	0,318	0,332	0,322	0,278	0,239	0,304
19	0,274	0,242	0,215	0,180	0,436	0,249	0,334	0,348	0,338	0,294	0,265	0,143

Vuosi	Purkupisteen päästöt prosenttisuutena Muonionjoen virtaamasta (%)														
1	0,044	0,07	0,064	0,044	0,0022	0,0015	0,00052	0,0027	0,012	0,069	0,11	0,16			
2	0,18	0,12	0,16	0,11	0,021	0,0063	0,012	0,029	0,032	0,037	0,030	0,039			
3	0,096	0,12	0,17	0,11	0,031	0,0081	0,017	0,035	0,038	0,043	0,032	0,041			
4	0,13	0,16	0,21	0,14	0,035	0,011	0,024	0,044	0,047	0,055	0,052	0,072			
5	0,13	0,16	0,21	0,14	0,042	0,013	0,028	0,05	0,051	0,059	0,053	0,071			
6	0,19	0,23	0,33	0,15	0,063	0,023	0,050	0,14	0,12	0,097	0,14	0,19			
7	0,20	0,14	0,19	0,13	0,063	0,024	0,052	0,14	0,13	0,10	0,14	0,20			
8	0,21	0,15	0,20	0,14	0,070	0,026	0,059	0,15	0,13	0,11	0,15	0,21			
9	0,22	0,16	0,21	0,14	0,071	0,027	0,062	0,16	0,14	0,11	0,16	0,22			
10	0,23	0,17	0,22	0,15	0,072	0,028	0,064	0,16	0,14	0,12	0,16	0,22			
11	0,25	0,18	0,24	0,16	0,060	0,03	0,086	0,14	0,17	0,15	0,17	0,23			
12	0,27	0,21	0,27	0,18	0,064	0,036	0,097	0,16	0,18	0,16	0,19	0,26			
13	0,32	0,27	0,33	0,22	0,068	0,040	0,11	0,17	0,19	0,17	0,21	0,30			
14	0,35	0,29	0,36	0,24	0,071	0,043	0,11	0,18	0,20	0,18	0,23	0,32			
15	0,39	0,45	0,41	0,20	0,083	0,038	0,12	0,19	0,18	0,22	0,25	0,35			
16	0,43	0,50	0,46	0,23	0,087	0,042	0,13	0,20	0,20	0,23	0,27	0,39			
17	0,46	0,53	0,49	0,25	0,090	0,045	0,13	0,20	0,20	0,24	0,29	0,41			
18	0,50	0,58	0,54	0,29	0,100	0,048	0,14	0,19	0,19	0,20	0,31	0,58			
19	0,65	0,65	0,62	0,34	0,093	0,052	0,15	0,20	0,20	0,21	0,34	0,27			

Toimintavaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen, sisältäen veden purkautuminen Muonionjokeen, vaikutus pintavedenlaatuun

Kuvaus

Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen suurin mahdollinen vaikutus Muonionjoen vedenlaatuun liittyy käsitellyn veden purkautumiseen Muonionjokeen ylivuodon kautta.

On ehdotettu, että Rautuvaaran rikastushiekka-altaalla sijaitsevan eteläaltaan vesi päästetään Muonionjokeen putkiston kautta, Taulukko 9-5. Eteläaltaaseen kerääntyvä vesi kostuu Hannukaisen kaivosalueen ylimääräisestä käsitellystä vedestä, korkearikkisen rikastushiekan käsitelystä valumavedestä Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta ja ylimääräisestä valunnasta Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta.

Taulukko 9-37 vertaa ennakoituja virtausnopeuksia Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta (0,001 – 0,50 m³/s) Muonionjoen kuukausittaisiin keskiarvoihin (35 – 480 m³/s), antaakseen indikaation saatavilla olevasta laimentumisen tasosta suuremmassa joessa.

On myös muita mahdollisia vaikutuksia Muonionjokeen Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta suotamisen vuoksi ja mahdollisia parannuksia Muonionjoen vedenlaatuun ennakoitujen Niesajoen vedenlaadun parannusten takia, kuten hahmoteltu Kappaleessa 9.1. Lisäksi muutoksilla Äkäsjoen vedenlaadussa Hannukaisen kaivostoimintojen vuoksi on mahdollisia vaikutuksia Muonionjoen vedenlaatuun.

Kappaleessa 9.5 esitetyt tulokset osoittavat, että rakentamisenjälkeiset suotovesikuormitukset Kylmäojaan eivät merkittävästi vaihtelee nykyisistä olosuhteista ja siten niillä on vähäinen merkitys Muonionjoen laatuun. Kappaleessa 9.1 hahmotellut vaikutuksia Äkäsjokeen on myös pidetty vähäisinä. Siten tämä arviointi keskittyy Muonionjoen vedenlaadun kahteen suurimpaan muutokseen:

- Niesajoen vedenlaadun parannukseen Rautuvaaran rikastushiekka-altaan muutosten vuoksi, hahmoteltu Kappaleessa 9.1; ja
- Eteläaltaasta putkitetun veden vaikutus Muonionjokeen.

Kuormituksen suhteen määräävin vaikutus Muonionjokeen tulee putkitetun veden päästämisestä Muonionjokeen.

Muonionjoen vedenlaadun ennusteet on tehty kolmessa paikassa:

1. Poistopisteessä, jossa jätevesi laimentuu ensimmäisen kerran. Tämä on mallinnettu käyttämällä laatikkomalli lähestymistä;
2. Lähellä poistopistettä, jossa jätevesi on muodostanut vedenpurkautumisviuhkan, mutta ei ole vielä sekoittunut läpi joen. Tämä on mallinnettu käyttäen 2D mallia; ja
3. Etäällä poistopisteestä, jossa jätevesi on täysin sekoittunut joen virtaamiin. Tämä on mallinnettu käyttäen perinteistä konservatiivista laimentumisen mallinnus lähestymistapaa.

Muonionjoen vedenlaadun ennakointiin käytettyjen menetelmien yksityiskohdat on annettu kappaleessa 8.1.3.

Tulokset on esitetty kahdelle virtaamaolosuhteelle esittäen joen korkean virtaaman olosuhteita (kevät (touko/kesä)) ja joen alivirtaaman (keskimääräiset talviolosuhteet). Tulokset

toimitetaan myös kolmelle kaivoksen elinajan jaksolle; toimintavuodet 5, 10 ja 18 (missä vuonna 1 tuotanto ja samalla rikastushiekkojen läjitys alkaa). Poistomäärät Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta Muonionjokeen lisääntyvät ajan kuluessa; suurimmat virtaamamäärät ennakoidaan vuodelle 18, lähellä kaivoksen elinkaaren loppua. Nämä ovat yhtäläisiä geokemiallisissa mallinnustyössä käytettyjen ajanjaksojen kanssa, Kappale 8.1.3.

Vedenlaatuennuste: Purkupiste

Taulukko 9-38 vertaa Muonionjokeen päästettävien vesien ja jätevesien laatua tärkeimpien muuttujien vedenlaatuavoitteiden kanssa asemalla FS23. Tulokset osoittavat, että ennen pääsemistä Muonionjokeen, jätevesi itsessään ylittää monien muuttujien hälytysarvot. On kuitenkin huomattavaa, että Muonionjokeen päästettävien jätevesien laadun odotetaan parantuvan kaivoksen elinaikana. Kuitenkin jätevesien virtausmäärien taas odotetaan lisääntyvän ajan myötä.

Muonionjokeen purkautumiseen liittyen on tuloksena kaksi vastakkaista tekijää; jätevesien pitoisuuksien paraneminen ajan mittaan, verrattuna jokeen purkautumista tarvitsevan virtausmäärän lisääntyminen.

Alustavat laimentumislaskelmat tehdään yleisesti alustan mittausvaiheen laskelmina arviomaan, jos vesialueella on vaara jätevesien tuottamille vedenlaatuongelmille. Nämä ovat konservatiivisia laskelmia, jotka käsittelevät laimentumista pienessä vesimäärässä lähellä purkupistettä. Jos nämä laskelmat eivät osoita ongelmia vedenlaadun suhteen tuonnempana, tarkempia lisälaskutoimituksia ei yleensä tarvita. Jos alustavat laimentumislaskelmat kuitenkin osoittavat vedenlaaturajojen ylityksiä, silloin tarvitaan yksityiskohtaisempaa työtä, kuten vedenpurkautumismallinnusta.

Alustavien laimentumislaskelmien tuloksia purkupisteeltä ei ole esitetty tässä raportissa, koska ennusteet monille muuttujille selvästi osoittavat mahdollista kynnysarvojen ja hälytysarvojen ylitystä purkupisteen lähellä. Näiden tuloksien pohjalta vedenpurkautumismalli tai täyden sekoittumisen lähestyminen ovat parempia arvioimaan purkupisteen päästöjen vaikutusta Muonionjoen vedenlaatuun.

Taulukko 9-35: Purkupisteen ennakkoidun laadun vertaaminen vedenlaatuavoiteisiin Muonionjoelle FS23^a

Muuttuja	Yksikö	Vuosi 5 ^a			Vuosi 10 ^a			Vuosi 18 ^a			
		TV Kevät (touko/kesä)	Keskiaarvo talvi	AV Kevät (touko/kesä)	TV Kevät (Touko/kesä)	Keskiaarvo talvi	AV Kevät (touko/kesä)	TV Kevät (touko/kesä)	Keskiaarvo talvi	AV Kevät (touko/kesä)	Keskiaarvo talvi
Key Parameters											
Nitraatti	mg/l	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Alle
Kloridi	mg/l	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Sulfaatti	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Rauta	mg/l	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Alumiini	mg/l	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Arseeni	mg/l	Yli	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Kadmium	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Alle
Koboltti	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Kromi	mg/l	Yli	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Kupari	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Elohopea	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Mangaani	mg/l	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Alle
Molybdeeni	mg/l	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Alle
Nikkeli	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Lyijy	mg/l	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Alle
Uraani	mg/l	Yli	Yli	Yli	Alle	Yli	Yli	Alle	Alle	Yli	Alle
Sinkki	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli

Muuttuja	Yksik kö	Vuosi 5 ^a			Vuosi 10 ^a			Vuosi 18 ^a			
		Kevät (touko/kesä)	TV Keskianvo talvi	AV Kevät (touko/kes ä)	Keskianvo talvi	Kevät (Touko/Ke sä)	TV Keskianvo talvi	AV Kevät (touko/kesä)	Keskianvo talvi	TV Kevät (touko/kesä)	AV Keskianvo talvi
Muut muuttujat											
Muuttuja	Yksi kkö	Touko/Kesä	Keskianvo talvi	Touko/Kesä	Keskianv o talvi	Touko/Kesä	Keskianvo talvi	Touko/Kesä	Keskianvo talvi	Touko/Kesä	Keskian o talvi
Fosfaatti	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
TOC	mg/l	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Kalsium	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Kalium	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Magnesium	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Natrium	mg/l	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli	Yli
Pii	mg/l	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Barium	mg/l	Alle	Yli	Alle	Yli	Alle	Yli	Alle	Alle	Alle	Alle
Strontium	mg/l	Alle	Yli	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Antimoni	mg/l	Alle	Yli	Yli	Yli	Alle	Yli	Alle	Yli	Yli	Yli

^a Muuttujien pitoisuuksien absoluuttiset arvot annetaan Taulukossa 9-53

Vedenlaatuennuste: Vedenpurkautumismalli

Kuvaus

Jätevesien hajautus purkupisteestä 500 metriä Muonionjoen alavirtaan oli mallinnettu käyttäen kaksiulotteista advektiohajautusmallia (Telemac2D). Mallin perusteet ja yksityiskohtaiset menetelmät annetaan Kappaleessa 8.1.2.

Malliskenaariot katsottiin kevään (touko/kesä) ja keskiverto talven virtaamaolosuhteille, ja pumpausmäärille vuosille 5, 10 ja 18. Mallinnetut skenaariot ovat yhteenvedetty Taulukossa 9-39 samanarvoisilla joenvirtaamaolosuhteilla, kuin Taulukkoon 6-37 perustuvilla kuukausittaisilla virtauskeskiarvoilla.

Ottaen huomioon huomioonotettavien muuttujien määrän, tässä vaiheessa harkitaan yksinkertaistettua mallinnuslähestymistä tuottamaan indikaatio Muonionjoessa saatavilla olevasta laimennuksen määrästä. Kokeet käsittävät tavanomaisen merkkiaineen 1mg/l päästämistä jokeen Taulukossa 9-39 näytetyillä suhteilla. Taustapitoisuudet joessa on asetettu 0 mg/l; siten pitoisuusennusteet Kuvissa 9-8 Kuvaan 9-10 antavat esimerkin laimentumisnopeudesta joessa eli arvo 0,4 Kuvissa 9-8 Kuvaan 9-10 osoittaa, että tuolla paikalla pitoisuudet joessa on 40 % alkuperäisestä jäteveden pitoisuudesta.

Vaikutusten arviointi ilman lieventämistä

Taulukko 9-40 antaa arvioidun matkan purkupisteen alajuoksulta, jossa jokaisen muuttujan Muonionjoessa ennakoidaan olevan kynnys- tai hälytysarvojen rajoissa.

Jäteveden purkautumismallit vuosille 5, 10 ja 15 näyttävät olevan hyvin samanlaisia huolimatta jokaisen vuoden poistomäärien eroista. Tämä osoittaa, että hajautusta kontrolloivat joen virtaamaolosuhteet joessa ja mallinnetun hajautuskertoimen sekä turbulenssin esiintyminen mallissa, ennemmin kuin jätevesien purkautumismäärät. Tämä ei ole odottamatonta huomioden suhteelliset erot jäteveden purkautumismäärissä ja joen virtaamaolosuhteissa. Saasteviuhkojen nähdään rajoittuvan joen toiselle sivulle sekä talvi, että kevät olosuhteissa, eikä täydellistä sekoittumista ennakoida ennen kuin 1-2 km:ä alavirtaan.

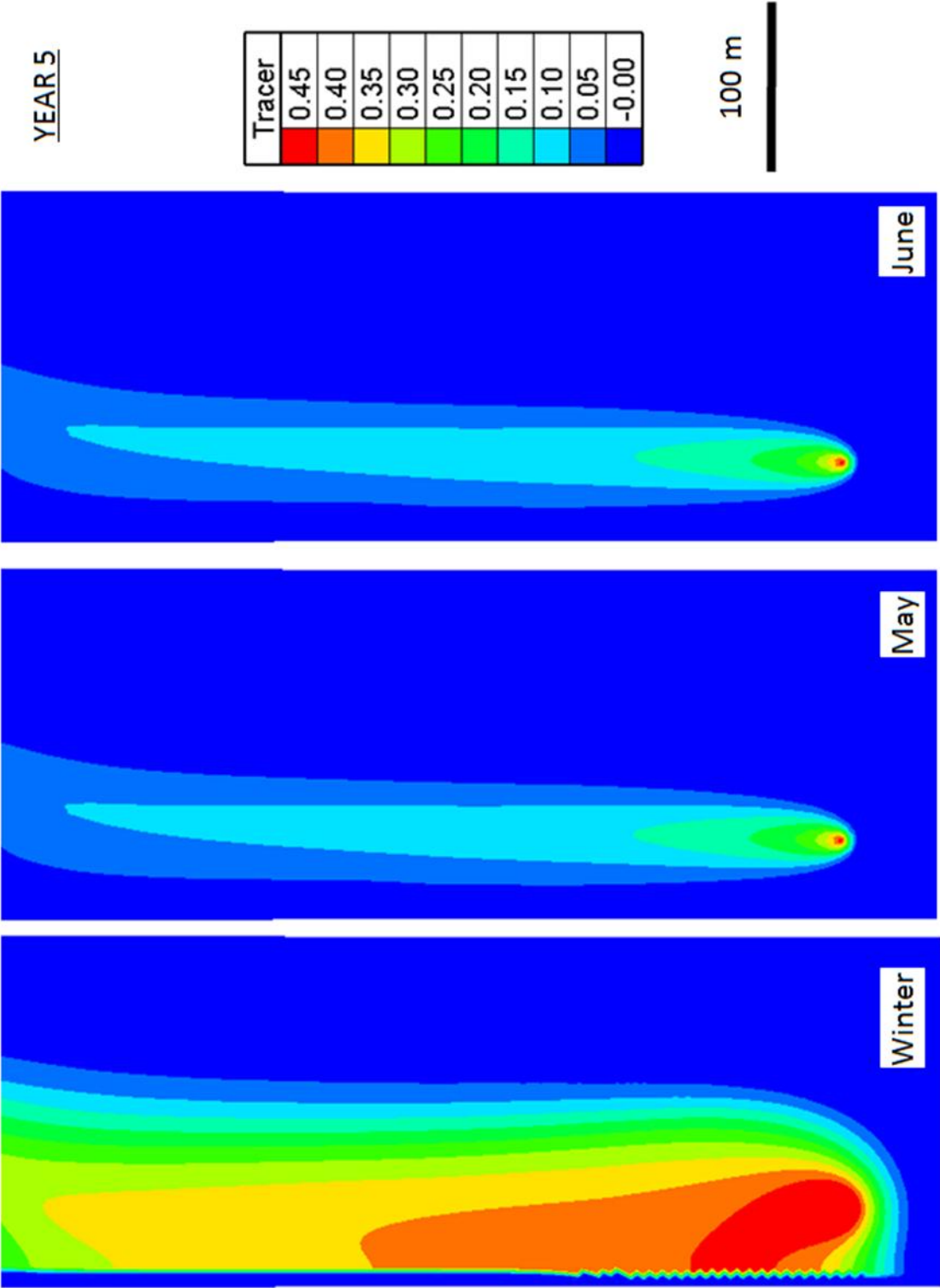
Tulokset osoittavat, että toimintojen vuoden 5 pitoisuuksien monille muuttujille odotetaan ylittävän hälytysarvot, vähemmin ylityksin keväällä ja enemmän talvella, laimentumisvyöhykkeellä purkupisteeltä vähintään 500 metriä alajuoksuun. Vuonna 18 pienemmillä pitoisuuksilla jäteveden useimmilla muuttujilla, koboltin ja kuparin pitoisuuksien ennakoidaan ylittävän hälytysarvot vähintään 500 metrin päässä purkupisteestä; nikkelin noin 250 metrin ja sinkin 40 metrin päässä. Kaikki muut muuttujat kohtaavat hälytysarvot purkupisteen läheisyydessä (alle 10 metriä). Monien muuttujien kynnysarvojen ennakoidaan ylittävän vielä 500 metrin päässä laskupaikalta.

Lievennettyjen vaikutusten arviointi

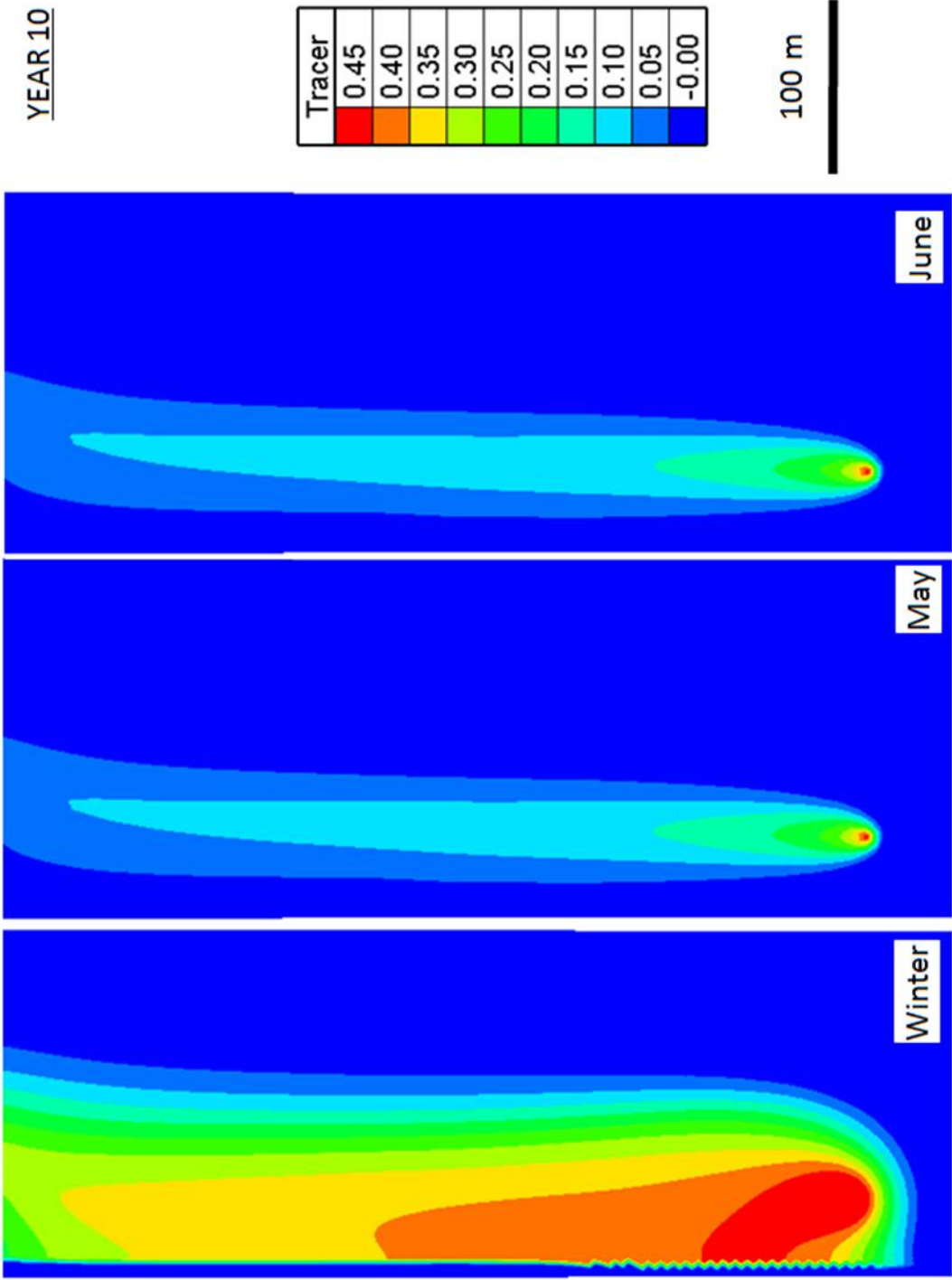
Tulee huomioda, että tässä esitetty mallinnustyö on erittäin konservatiivinen ja olettaa jätevesien päästämisen jokeen yhdestä kohtaa. Löytyy monia teknisiä ratkaisuja auttamaan laimentamista purkupisteen lähellä. Esimerkiksi useiden hajottimien läpi laskemalla voi jäteveden purkautumista levittää, aiheuttaen lisääntyneen sekoittumisen joenuoman läpi.

Lisäksi mallinnustyötä tulee pitää vain suuntaa-antavana, koska se perustuu rajoittuneeseen tietoon joen virtaamaolosuhteista, eli yhteen virtaamatutkimukseen.

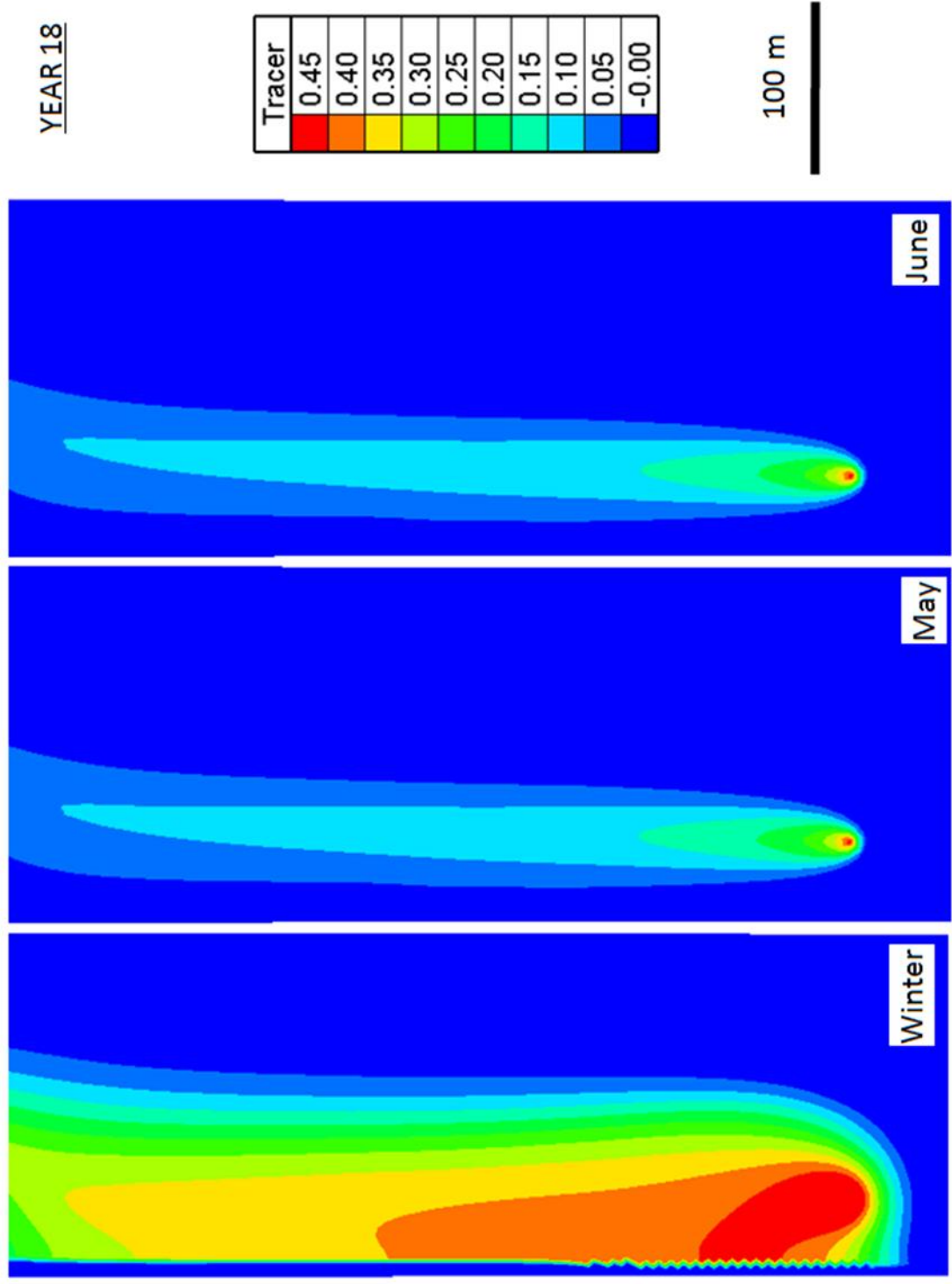
Tarvitaan lisää työtä mallin muuttujien määrittämisen parantamiseksi. On kuitenkin todennäköistä, että jopa parannetun mallinnuksen ja useiden hajottimien kanssa, tarvitaan sekoittumisvyöhyke purkupisteiltä alavirtaan, jossa vedenlaatutavoitteita ei tavoiteta. Siten neuvotaan keskustelemaan lainsäätäjien kanssa samaan aikaan kaivosalueen vesien hallinnan (eli vesien varastointi talvikuukausien aikana pienentääkseen talvipurkautumisten määrää jokeen) optimoimiseen tähtäävän työn kanssa ja vedenkäsittelyprosessien optimointiin, keskittyen keskeisimpien muuttujien ongelmiin.



Kuva 9-8: Vedenpurkautumismalliennusteet vuodelle 5



Kuva 9-9: Vedenpurkautumismalliennusteet vuodelle 10



Kaavio 9-10: Vedenpurkautumismalliennusteet vuodelle 18

Taulukko 9-36: Skenaariot vedenpurkautumismallille

Skenaario	Virtaamat (m ³ /s)		Veden syvyys (m)	Kuvaus
	Purkupiste	Muonionjoki		
Skenaario 1	0,06	50	1,4	Vuosi 5; Keskimääräiset talvivirtaamat
Skenaario 2	0,20	470	3,4	Vuosi 5; Toukokuun virtaamat
Skenaario 3	0,06	480	3,5	Vuosi 5; Kesäkuun virtaamat
Skenaario 4	0,09	50	1,4	Vuosi 10; Keskimääräiset talvivirtaamat
Skenaario 5	0,35	470	3,4	Vuosi 10; Toukokuun virtaamat
Skenaario 6	0,22	480	3,5	Vuosi 10; Kesäkuun virtaamat
Skenaario 7	0,22	50	1,4	Vuosi 18; Keskimääräiset talvivirtaamat
Skenaario 8	0,49	470	3,4	Vuosi 18; Toukokuun virtaamat
Skenaario 9	0,23	480	3,5	Vuosi 18; Kesäkuun virtaamat

Taulukko 9-37: Likimääräinen etäisyys purkupisteestä, jossa kynnysarvot ja hälytysarvot kohdataan

Muuttuja	Yksikkö	Vuosi 5				Vuosi 10				Vuosi 18			
		TV		AV		TV		AV		TV		AV	
		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Keskeiset muuttujat – etäisyys purkupisteestä, jossa kynnysarvot ja hälytysarvot kohdataan													
Nitraatti	mg/l	400m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	150m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	60m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan
Kloridi	mg/l	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan
Sulfaatti	mg/l	500m	>500m	40m	500m	500m	>500m	450m	450m	500m	>500m	100m	10m
Rauta	mg/l	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan
Alumiini	mg/l	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan
Arseeni	mg/l	40m	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	150m	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	60m	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan
Kadmium	mg/l	>500m	>500m	500m	<10m	>500m	>500m	>500m	<10m	>500m	>500m	500m	Päästö alle hälytysrajan
Koboltti	mg/l	>500m	>500m	120m	>500m	500m	>500m	120m	>500m	>500m	>500m	100m	>500m
Kromi	mg/l	500m	Päästö alle kynnysarvon	500m	Päästö alle hälytysrajan	500m	Päästö alle kynnysarvon	>500m	Päästö alle hälytysrajan	500m	Päästö alle kynnysarvon	500m	Päästö alle hälytysrajan
Kupari	mg/l	500m	>500m	450m	>500m	500m	>500m	500m	>500m	500m	>500m	400m	>500m
Elohopea	mg/l	500m	>500m	450m	<10m	>500m	>500m	500m	<10m	500m	>500m	400m	10m
Mangaani	mg/l	60m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	50m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	60m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan
Molybdeeni	mg/l	500m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	500m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	60m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan
Nikkeli	mg/l	500m	>500m	10m	500m	>500m	>500m	60m	500m	>500m	>500m	60m	250m
Lyijy	mg/l	400m	500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	500m	500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	400m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan
Uraani	mg/l	>500m	>500m	<10m	Päästö alle hälytysrajan	>500m	>500m	<10m	Päästö alle hälytysrajan	>500m	>500m	<10m	Päästö alle hälytysrajan
Sinkki	mg/l	500m	>500m	<10m	>500m	500m	>500m	<10m	>500m	400m	>500m	10m	40m

Muuttuja	Yksikkö	Vuosi 5				Vuosi 10				Vuosi 18			
		TV		AV		TV		AV		TV		AV	
		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Muut muuttujat – etäisyys purkupisteestä, jossa kynnysarvot ja hälytysarvot kohdataan													
Fosfaatti	mg/l	150m	>500m	<10m	>500m	<10m	>500m	50m	>500m	Päästö alle hälytysrajan	500m		
TOC	mg/l	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan		
Kalsium	mg/l	60m	>500m	10m	>500m	100m	>500m	120m	>500m	<10m	450m		
Kalium	mg/l	500m	>500m	500m	>500m	>500m	>500m	>500m	>500m	500m	>500m		
Magnesium	mg/l	150m	>500m	50m	>500m	450m	500m	450m	>500m	50m	250m		
Natrium	mg/l	450m	>500m	150m	>500m	500m	>500m	500m	>500m	400m	450m		
Sulphur	mg/l	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a		
Pii	mg/l	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan		
Barium	mg/l	Päästö alle kynnysarvon	<10m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	<10m	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan		
Strontium	mg/l	Päästö alle kynnysarvon	<10m	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle kynnysarvon	Päästö alle hälytysrajan	Päästö alle hälytysrajan		
Antimoni	mg/l	Päästö alle kynnysarvon	>500m	500m	>500m	500m	>500m	Päästö alle kynnysarvon	>500m	500m	500m		

Vedenlaatuennuste: Täysin sekoittunut malli

Kuvaus

Ottaen huomioon Muonionjoen koon, vedenpurkautumismallin tulosten oletus (selvitetty yllä) esittää, että purkupisteen jätevedet voivat olla täysin sekoittuneet läpi joen muutaman kilometrin päässä purkupisteestä alajuoksuun. Siksi tehtiin laimentumislaskelmia arvioimaan muuttujien pitoisuuksia, purkautuneen jäteveden täysin sekoituttua jokiveden kanssa. Laskelmat perustuvat Kappaleessa 8.1.3 hahmoteltuihin menetelmiin.

Vaikutusten arviointi ilman lieventämistä

Pitoisuuksien ennusteet Muonionjoen purkupisteen alajuoksulla, kun purkautunut jätevesi on täysin sekoittunut jokiveden kanssa, ovat hahmoteltu Taulukossa 9-41, Taulukossa 9-42 ja Taulukossa 9-43 vastaavasti toimintojen vuosille 5, 10 ja 18. Poistomäärät kaivosalueelta Muonionjokeen lisääntyvät kaivoksen elinkaaren ajan; jäteveden useimpien muuttujien pitoisuuksien kuitenkin vähetessä ajan myötä, vaikkakin useimmille muuttujille kokonaiskuormitus (virtaamamäärä kertaa pitoisuus) ovat korkeammat vuonna 18 kuin vuonna 5.

Vuoden 5 laskelmissa ennakoidaan, ettei mikään pitoisuus ylitä hälytysrajoja. Kynnysarvojen ennakoidaan kuitenkin ylittävän koboltille ja molybdeenille ja nikkelille keskimääräisten talviolosuhteiden aikana. Uraanipitoisuuksien odotetaan ylittävän kynnysarvot kevät ja talviolosuhteiden aikana. On huomattavaa, että ainoastaan nitraattipitoisuudet (talvikuukaudet) ennakoidaan olevan yli 50 % lähtötason olosuhteiden yläpuolella.

Vuoden 18 laskelmissa ennakoidaan, ettei mikään pitoisuus ylitä hälytysarvoja. Kynnysarvojen ennakoidaan kuitenkin ylittävän uraanille (kevät ja talvi) kadmiumille (vain kevät olosuhteet) ja koboltille, kromille, molybdeenille, ja nikkelille (vain talviolosuhteet). Nitraatin, koboltin ja nikkelin (vain talvi) ennakoidaan ylittävän lähtötason 50 % tai enemmän.

Kaikissa laskelmissa on huomattava, ettei minkään muuttujan ennakoida ylittävän hälytysrajoja ja, että lähtötason vedenlaatu Muonionjoessa on todella hyvä, jopa sellainen, että suhteellisen pienetkin pitoisuudet aiheuttavat suhteellisen suuren nousun yli lähtötason. Vedenlaatuennusteiden tarkastelu korosti myös, ettei minkään rakentamisenjälkeisen pitoisuuden keskeisille muuttujille Muonionjoessa ennakoida ylittävän kolmannesta hälytysrajoista.

Lisäksi joidenkin muuttujien havainnointirajojen alla näytteet lähtötason tiedoissa asettavat tulokset kynnysarvoille, mitkä ovat lähellä lähtötason mediaani pitoisuuksia, mm. molybdeeni ja kadmium. Jopa suhteellisen pieni pitoisuuden lisäys lähtötason yli voi aiheuttaa kynnysarvon ylityksen.

Lievennettyjen vaikutusten arviointi

Vaikka minkään muuttujan ei ennakoida ylittävän hälytysrajoja, lähtötason ylittävä pitoisuus voi olla huolenaihe lainsäätäjille. Tämän takia hankealueen vesienhallintasuunnitelman ja nykyisten käsittelyvaihtoehtojen tarkastelua suositellaan. Arviointi perustuu Pöyryn (2012c) toimittamiin ennakoituihin purkautumismääriin. Siten on mahdollisuus vesienhallinnan parantamiseen kaivoshankealueella.

Jos vettä voitaisiin varastoida talvikuukausien aikana hankealueelle, päästettäväksi Muonionjokeen kevään aikana, olisi mahdollista hallita talvivirtaamamääriä Muonionjokeen ja rajoittaa vaikutuksia jokeen. Tarvitaan lisää mallinnustyötä, joka yhdistää kaivoksen vesitaseen ja Muonionjoen vaikutusten mallinnuksen kanssa. alueella varastoinnin ja päästämisen optimoimiseksi.

Tulee myös huomata, että arviointi keskittyy myös normaalien virtaamaolosuhteiden vaikutuksiin. Tällä hetkellä ei ole tietoa purkautumismääristä Muonionjokeen tai jäteveden vedenlaatuun normaalia alempien virtaamaolosuhteiden aikana (esim. 1/10 kuiva vuosi). Näiden olosuhteiden aikana tulisi laimentuminen olemaan vähäisempää Muonionjoessa, kuin keskimääräisten talviolosuhteiden aikana. On kuitenkin odotettavissa, että purkautumismäärät kaivoshankealueelta Muonionjokeen olisivat vastaavasti matalammat näiden olosuhteiden aikana.

Sulkemisen jälkeinen vaihe: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan rakentamisen, sisältäen veden päästämisen Muonionjokeen, vaikutus pintavedenlaatuun

Kuvaus

Rautuvaaran rikastushiekka-altaan toimintojen lopussa nykyisen sulkemissuunnitelman mukaan ylimääräinen vesi rikastushiekka-altaalta virtaa Niesajokeen. Vaihtoehtoinen vesienhallintasuunnitelma, jos rikastushiekka-altaan valuman osoitetaan aiheuttavan sietämättömän negatiivisen vaikutuksen Niesajokeen, olisi jatkaa ylimääräisen veden poistamista rikastushiekka-altaalta Muonionjokeen putkiston kautta. Kumpaa vain vaihtoehtoa käytetään, vaikutus Muonionjokeen pysyy todennäköisesti samanlaisena, koska kuormitukset rikastushiekka-altaalta päättyisivät Muonionjokeen joko purkupaikalta tai Niesajoesta. Sulkemisvaiheessa Hannukaisen kaivokselta ei tule lisää kuormituksia Rautuvaaran rikastushiekka-altaaseen ja paljastuneet rikastushiekat altaiden rannoilta otetaan talteen ja peitetään.

Kolmea lopettamisvaihtoehtoa harkitaan, riippuen korkearikkisen rikastushiekan kapseloinnin onnistumisesta sulkemisen aikana:

- Huonoin tapaus olettaa, että 100 % korkearikkisistä rikastushiekoista pystyy myötävaikuttamaan kuormitukseen rikastushiekka-altaalla;
- Keskiuuri tapaus olettaa, että 50 % korkearikkisiltä rikastushiekoista on kapseloitu sulkemisen aikana; ja
- Paras tapaus olettaa, että 0 % korkearikkisistä rikastushiekoista pystyy myötävaikuttamaan kuormitukseen rikastushiekka-altaalla.

Kolmen Rautuvaaran rikastushiekka-altaan kuormitusten vaikutuksia arvioivan malliajon tulokset on annettu taulukosta 9-44 taulukkoon 9-46, perustuen laskelmiin, jotka olettavat, että purkuvesi on täysin sekoittunut Muonionjokeen. Laskelmissa ei oteta huomioon valunnan lisäkäsittelyä tai suotovesiä korkearikkisiltä rikastushiekoilta.

Veden purkautumismallinnussimulaatiosta ei ole tehty sulkemisenjälkeistä skenaariota.

Vaikutusten arviointi ilman lieventämistä

Tarkastellen huonoimman skenaarion tuloksia (Taulukko 9-46) laskelmat osoittavat, että ilman korkearikkisten rikastushiekkojen tehokasta kapselointia, kuparin, molybdeenin ja uraanin pitoisuuksien Muonionjoessa ennakoidaan ylittävän kynnysarvot kevät ja talvivirtaamaolosuhteissa. Koboltin, kuparin, elohopean ja uraanin pitoisuuksien ennakoidaan ylittävän lähtötason mediaanipitoisuudet yli 50 %:lla.

Lievennettyjen vaikutusten arviointi

Jos korkearikkiset rikastushiekat saadaan kapseloitua tehokkaasti tulevat kuparin pitoisuudet Rautuvaaran rikastushiekka-altaan suotovedessä ja valunnassa olemaan huomattavasti alhaisemmat, parhaan skenaarion kupariennusteiden (taulukko 9-44) jäädessä kynnysarvojen alapuolelle. Kuitenkin jopa korkearikkisten rikastushiekkojen kapseloinnin kanssa, laskelmat ennakoivat, että molybdeenin ja uraanin pitoisuudet ylittävät kynnysarvot. Vain Uraanin pitoisuuksien ennakoidaan ylittävän lähtötason mediaanipitoisuudet yli 50 %:lla parhaassa skenaariossa. Uraanin ja molybdeenin kuormitukset ovat peräisin Rautuvaaran rikastushiekka-altaan LIMS-magneettierotelluilta rikastushiekoilta.

On myös huomioitava, että lähtötason molybdeeni arvoilla Muonionjoessa on useita näytteitä alle havaintorajan, joten kynnysarvo tälle muuttujalle on hyvin lähellä lähtötason mediaani pitoisuutta. Siten parhaan tapauksen skenaariolle (taulukko 9-44) sulkemisen jälkeiset pitoisuudet ovat vain 8 – 12 % lähtötason yläpuolella, vaikka kynnysarvon ylitys on ennakoitavissa. Molybdeenin hälytysraja on kolme suuruusluokkaa kynnysarvon yläpuolella; siten jopa muutoksella lähtötason arvoista molybdeenin pitoisuudet ovat selkeästi hälytysrajan alapuolella. Uraanin sulkemisen jälkeisten pitoisuuksien ennakoidaan olevan huomattavasti lähtötasoa korkeammat (300 – 500 %); silti siitä seuraavat pitoisuudet ovat 1 – 1,5 kertaa alle hälytysrajan.

Taulukko 9-38: Ennakoidut muutokset Muonionjoen alajuoksun purkauspajan vedenlaadussa toimintojen aikana, vuosi 5 (perustuu vedenlaadun näytteenottoaseman FS23 tietoihin)

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,070	20	0,0051	0,0052	0,0089	1,6	73
Kloridi	mg/L	0,91	150	0,79	0,78	0,78	-0,33	-0,74
Sulfaatti	mg/L	3,8	65	2,57	2,6	2,7	0,7	4,6
Rauta	mg/L	0,54	1,9	0,40	0,40	0,40	-0,21	-0,53
Alumiini	mg/L	0,057	0,1	0,021	0,021	0,021	-0,24	-0,58
Arseeni	mg/L	0,000073	0,005	0,000058	0,000058	0,000057	-0,46	-1,3
Kadmium	mg/L	0,0000066	0,00008	0,0000025	0,0000032	0,0000026	26	4,4
Koboltti	mg/L	0,000097	0,004	0,000031	0,000037	0,00010	21	230
Kromi	mg/L	0,00033	0,001	0,00024	0,00024	0,00023	2,6	-0,49
Kupari	mg/L	0,00046	0,005	0,00037	0,00039	0,00041	3,8	11
Elohopea	mg/L	0,0000039	0,00005	0,0000012	0,0000014	0,0000013	14	5,2
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,0067	0,0067	0,0069	-0,61	3,1
Molybdeeni	mg/L	0,00025	1	0,00024	0,00024	0,00026	1,3	8,7
Nikkeli	mg/L	0,00032	0,02	0,00025	0,00026	0,00032	4	28
Lyijy	mg/L	0,00006	0,0072	0,000040	0,000040	0,000040	0,31	0,74
Uraani	mg/L	0,00009	0,015	0,000085	0,000091	0,00010	6,5	19
Sinkki	mg/L	0,0017	0,03	0,00096	0,00097	0,0012	1,3	24
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,0051	0,017	0,003	0,0030	0,0032	0,12	5,1
TOC	mg/L	6,9	13	5,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Kalsium	mg/L	4,6	8,9	3,5	3,4	3,5	-0,41	0,0062
Kalium	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,63	0,64	0,85	2,3
Magnesium	mg/L	1,2	2,4	0,9	0,90	0,90	-0,46	-0,44
Natrium	mg/L	1,9	3,4	1,4	1,4	1,4	0,15	0,69

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Rikki	mg/L	1,6	2,7	1,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Pii	mg/L	5,4	10	3,2	3,2	3,2	-0,22	-0,52
Barium	mg/L	0,0096	0,015	0,0069	0,0068	0,0068	-0,20	0,22
Strontium	mg/L	0,022	0,043	0,016	0,015	0,015	-0,39	-0,75
Antimoni	mg/L	0,000012	0,00015	0,000005	0,0000057	0,0000062	13	23

Huom.; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-39: Ennakoidut muutokset Muonionjoen alajuoksun purkauspaikan vedenlaadussa toimintojen aikana, vuosi 10 (perustuu vedenlaadun näytteenottoaseman FS23 tietoihin)

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,070	20	0,0051	0,0052	0,01	1,8	97
Kloridi	mg/L	0,91	150	0,79	0,78	0,78	-0,36	-0,74
Sulfaatti	mg/L	3,8	65	2,57	2,8	2,8	9	9,6
Rauta	mg/L	0,54	1,9	0,40	0,4	0,4	-0,23	-0,6
Alumiini	mg/L	0,057	0,1	0,021	0,021	0,021	-0,26	-0,64
Arseeni	mg/L	0,000073	0,005	0,000058	0,000058	0,000057	-0,23	-1,3
Kadmium	mg/L	0,0000066	0,00008	0,0000025	0,0000061	0,0000027	140	7,1
Koboltti	mg/L	0,000097	0,004	0,000031	0,00004	0,00015	31	390
Kromi	mg/L	0,00033	0,001	0,00024	0,00025	0,00023	6,5	-0,56
Kupari	mg/L	0,00046	0,005	0,00037	0,00041	0,00044	9,8	20
Elohopea	mg/L	0,0000039	0,00005	0,0000012	0,0000017	0,0000013	38	9,1
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,0067	0,0067	0,0071	-0,51	6,4
Molybdeeni	mg/L	0,00025	1	0,00024	0,00025	0,00027	3,6	11
Nikkeli	mg/L	0,00032	0,02	0,00025	0,00029	0,00037	17	49
Lyijy	mg/L	0,00006	0,0072	0,000040	0,000041	0,00004	1,7	1,3
Uraani	mg/L	0,00009	0,015	0,000085	0,000098	0,00011	15	30
Sinkki	mg/L	0,0017	0,03	0,00096	0,00097	0,0013	1,8	35
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,0051	0,017	0,003	0,0030	0,0032	0,13	7,1
TOC	mg/L	6,9	13	5,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Kalsium	mg/L	4,6	8,9	3,5	3,5	3,5	-0,27	0,78
Kalium	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,66	0,65	3,3	3,9
Magnesium	mg/L	1,2	2,4	0,9	0,9	0,9	-0,047	0,13
Natrium	mg/L	1,9	3,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,4

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Rikki	mg/L	1,6	2,7	1,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Pii	mg/L	5,4	10	3,2	3,2	3,2	-0,24	-0,58
Barium	mg/L	0,0096	0,015	0,0069	0,0068	0,0068	-0,22	-0,17
Strontium	mg/L	0,022	0,043	0,016	0,015	0,015	-0,41	-0,72
Antimoni	mg/L	0,000012	0,00015	0,000005	0,0000069	0,0000067	38	34

Huom.; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-40: Ennakoidut muutokset Muonionjoen alajuoksun purkauspaikan vedenlaadussa toimintojen aikana, vuosi 18 (perustuu vedenlaadun näytteenottoaseman FS23 tietoihin)

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,070	20	0,0051	0,00529	0,0117	2,98	128
Kloridi	mg/L	0,91	150	0,79	0,784	0,779	-0,379	-0,958
Sulfaatti	mg/L	3,8	65	2,57	2,9	3	11	16
Rauta	mg/L	0,54	1,9	0,40	0,4	0,4	-0,26	-0,85
Alumiini	mg/L	0,057	0,1	0,021	0,021	0,021	-0,28	-0,86
Arseeni	mg/L	0,000073	0,005	0,000058	0,000058	0,000057	-0,2	-1,6
Kadmium	mg/L	0,0000066	0,00008	0,0000025	0,0000068	0,0000028	170	13
Koboltti	mg/L	0,000097	0,004	0,000031	0,000047	0,00026	53	760
Kromi	mg/L	0,00033	0,001	0,00024	0,00025	0,00023	7,7	-0,8
Kupari	mg/L	0,00046	0,005	0,00037	0,00042	0,00053	14	43
Elohopea	mg/L	0,0000039	0,00005	0,0000012	0,0000017	0,0000016	46	31
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,0067	0,0067	0,0076	-0,17	13
Molybdeeni	mg/L	0,00025	1	0,00024	0,00025	0,00028	4,4	16
Nikkeli	mg/L	0,00032	0,02	0,00025	0,00031	0,00046	22	85
Lyijy	mg/L	0,00006	0,0072	0,000040	0,000041	0,000041	2	2,2
Uraani	mg/L	0,00009	0,015	0,000085	0,0001	0,00012	18	46
Sinkki	mg/L	0,0017	0,03	0,00096	0,00098	0,0014	2	45
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,0051	0,017	0,003	0,0030	0,0033	0,19	9,0
TOC	mg/L	6,9	13	5,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Kalsium	mg/L	4,6	8,9	3,5	3,5	3,5	-0,19	1,6
Kalium	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,65	0,67	4,1	6,3
Magnesium	mg/L	1,2	2,4	0,9	0,9	0,91	0,1	0,94
Natrium	mg/L	1,9	3,4	1,4	1,4	1,4	1,5	2,9

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Rikki	mg/L	1,6	2,7	1,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Pii	mg/L	5,4	10	3,2	3,2	n/a	-0,27	-0,82
Barium	mg/L	0,0096	0,015	0,0069	0,0068	0,0068	-0,24	-0,31
Strontium	mg/L	0,022	0,043	0,016	0,015	0,015	-0,43	-0,91
Antimoni	mg/L	0,000012	0,00015	0,000005	0,0000073	0,0000078	46	56

Huom.; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-41: Ennakoitu muutos vedenlaatuun Muonionjoen purkauspaikan alajuoksulla sulkemisvaiheessa, 0 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Päästö Muonionjokeen; 0 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,070	20	0,0051	0,0050	0,0050	-1,3	-4,0
Kloridi	mg/L	0,91	150	0,79	0,79	0,78	-0,2	-0,8
Sulfaatti	mg/L	3,8	65	2,57	2,7	2,4	3,9	-5,0
Rauta	mg/L	0,54	1,9	0,40	0,40	0,40	-0,2	-0,5
Alumiini	mg/L	0,057	0,1	0,021	0,021	0,021	-0,3	-0,5
Arseeni	mg/L	0,000073	0,005	0,000058	0,000060	0,000060	-0,5	-0,1
Kadmium	mg/L	0,0000066	0,00008	0,0000025	0,0000029	0,0000030	14	20
Koboltti	mg/L	0,000097	0,004	0,000031	0,000039	0,000042	29	37
Kromi	mg/L	0,00033	0,001	0,00024	0,00023	0,0002	-0,2	-0,5
Kupari	mg/L	0,00046	0,005	0,00037	0,00037	0,00037	-0,1	0,0007
Elohopea	mg/L	0,0000039	0,00005	0,0000012	0,0000020	0,0000020	28	40
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,0067	0,0070	0,00690	3,1	3,1
Molybdeeni	mg/L	0,00025	1	0,00024	0,00026	0,00027	8,4	12
Nikkeli	mg/L	0,00032	0,02	0,00025	0,00026	0,00026	4,6	4,3
Lyijy	mg/L	0,00006	0,0072	0,000040	0,000040	0,000040	-0,091	-0,18
Uraani	mg/L	0,00009	0,015	0,000085	0,00040	0,00052	360	510
Sinkki	mg/L	0,0017	0,03	0,00096	0,0011	0,0012	19	26
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,0051	0,017	0,003	0,0033	0,0035	8,8	15
TOC	mg/L	6,9	13	5,1	5,1	5,1	-0,2	-0,4
Kalsium	mg/L	4,6	8,9	3,5	3,5	3,4	2,5	-1,5
Kalium	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,67	0,62	6,7	-1,1
Magnesium	mg/L	1,2	2,4	0,9	0,91	0,88	0,7	-1,8

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Natrium	mg/L	1,9	3,4	1,4	1,4	1,4	0,3	-0,9
Rikki	mg/L	1,6	2,7	1,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Pii	mg/L	5,4	10	3,2	3,2	3,2	-0,2	-0,5
Barium	mg/L	0,0096	0,015	0,0069	0,0068	0,0068	-0,2	-0,5
Strontium	mg/L	0,022	0,043	0,016	0,016	0,016	1,8	2,1
Antimoni	mg/L	0,000012	0,00015	0,000005	0,0000050	0,0000050	-0,2	-0,5

Huom: Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-42:Ennakoitu muutos vedenlaatuun Muonionjoen purkausaikan alajuoksulla sulkemisvaiheessa, 50 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Päästö Muonionjokeen; 50 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitraatti	mg/L	0,070	20	0,0051	0,0050	0,0050	-1,3	-4,0
Kloridi	mg/L	0,91	150	0,79	0,79	0,78	-0,2	-0,7
Sulfaatti	mg/L	3,8	65	2,57	2,7	2,7	4,0	3,5
Rauta	mg/L	0,54	1,9	0,40	0,40	0,40	-0,2	-0,5
Alumiini	mg/L	0,057	0,1	0,021	0,021	0,021	-0,3	-0,5
Arseeni	mg/L	0,000073	0,005	0,000058	0,000060	0,000060	0,001	2,5
Kadmium	mg/L	0,0000066	0,00008	0,0000025	0,0000030	0,0000032	21	30
Koboltti	mg/L	0,000097	0,004	0,000031	0,00010	0,00010	84	110
Kromi	mg/L	0,00033	0,001	0,00024	0,00023	0,00023	-0,2	-0,4
Kupari	mg/L	0,00046	0,005	0,00037	0,00092	0,0013	150,0	240
Elohopea	mg/L	0,0000039	0,00005	0,0000012	0,0000020	0,0000020	44,0	61
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,0067	0,0070	0,0070	3,1	3,2
Molybdeeni	mg/L	0,00025	1	0,00024	0,00026	0,00027	8,5	12
Nikkeli	mg/L	0,00032	0,02	0,00025	0,00028	0,00028	11	13
Lyijy	mg/L	0,00006	0,0072	0,000040	0,000040	0,000040	0,6	0,8
Uraani	mg/L	0,00009	0,015	0,000085	0,00040	0,00052	360	510
Sinkki	mg/L	0,0017	0,03	0,00096	0,0011	0,0012	20	27
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,0051	0,017	0,003	0,0034	0,0044	13	45
TOC	mg/L	6,9	13	5,1	5,1	5,1	-0,2	-0,4
Kalsium	mg/L	4,6	8,9	3,5	3,5	3,6	2,5	2,9
Kalium	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,67	0,68	6,6	8,8
Magnesium	mg/L	1,2	2,4	0,9	0,91	0,90	0,7	0,3

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Natrium	mg/L	1,9	3,4	1,4	1,40	1,40	0,30	0,030
Rikki	mg/L	1,6	2,7	1,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Pii	mg/L	5,4	10	3,2	3,2	3,2	-0,2	-0,5
Barium	mg/L	0,0096	0,015	0,0069	0,0068	0,0068	-0,2	-0,5
Strontium	mg/L	0,022	0,043	0,016	0,0160	0,0160	1,8	2,0
Antimoni	mg/L	0,000012	0,00015	0,000005	0,0000050	0,0000050	-0,2	-0,5

Huom, Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

Taulukko 9-43: Ennakoitu muutos vedenlaatuun Muonionjoen purkauspaikan alajuoksulla sulkemisvaiheessa, 100 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Päästö Muonionjokeen; 100 % Korkearikkisistä rikastushiekoista voi myötävaikuttaa kuormitukseen								
Keskeiset parametrit								
Nitriitti	mg/L	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Nitraatti	mg/L	0,070	20	0,0051	0,0050	0,0050	-1,3	-4,0
Kloridi	mg/L	0,91	150	0,79	0,79	0,78	-0,2	-0,7
Sulfaatti	mg/L	3,8	65	2,57	2,7	2,70	4,2	3,7
Rauta	mg/L	0,54	1,9	0,40	0,40	0,40	-0,2	-0,4
Alumiini	mg/L	0,057	0,1	0,021	0,021	0,021	-0,3	-0,5
Arseeni	mg/L	0,000073	0,005	0,000058	0,000060	0,000060	2,3	3,2
Kadmium	mg/L	0,0000066	0,00008	0,0000025	0,0000032	0,0000035	29	40,0
Koboltti	mg/L	0,000097	0,004	0,000031	0,00010	0,000089	140	190,0
Kromi	mg/L	0,00033	0,001	0,00024	0,00023	0,00020	-0,2	-0,4
Kupari	mg/L	0,00046	0,005	0,00037	0,0017	0,0025	350	570
Elohopea	mg/L	0,0000039	0,00005	0,0000012	0,0000020	0,0000020	59	81
Mangaani	mg/L	0,018	0,7	0,0067	0,0070	0,0069	3,2	3,2
Molybdeeni	mg/L	0,00025	1	0,00024	0,00026	0,00027	8,6	12
Nikkeli	mg/L	0,00032	0,02	0,00025	0,00029	0,00031	17	22
Lyijy	mg/L	0,00006	0,0072	0,000040	0,000040	0,000040	0,8	1,1
Uraani	mg/L	0,00009	0,015	0,000085	0,00040	0,00052	360	510
Sinkki	mg/L	0,0017	0,03	0,00096	0,0011	0,0012	20	28
Muut parametrit								
Fosfaatti	mg/L	0,0051	0,017	0,003	0,0039	0,0050	31	67
TOC	mg/L	6,9	13	5,1	5,1	5,1	-0,2	-0,4
Kalsium	mg/L	4,6	8,9	3,5	3,5	3,6	2,5	2,9
Kalium	mg/L	0,81	1,9	0,63	0,67	0,68	6,6	8,8

Parametri	Yksikkö	WQO – FS23		Lähtötason pitoisuus	Rakentamisen jälkeinen pitoisuus		Prosenttiosuuden muutos%	
		TV	AV		Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi	Kevät (touko/kesä)	Keskiarvo talvi
Magnesium	mg/L	1,2	2,4	0,9	0,91	0,90	0,8	0,3
Natrium	mg/L	1,9	3,4	1,4	1,40	1,40	0,3	0,0
Rikki	mg/L	1,6	2,7	1,1	n/a	n/a	n/a	n/a
Pii	mg/L	5,4	10	3,2	3,2	3,2	-0,2	-0,5
Barium	mg/L	0,0096	0,015	0,0069	0,0068	0,0068	-0,2	-0,5
Strontium	mg/L	0,022	0,043	0,016	0,0160	0,0160	1,8	2,1
Antimoni	mg/L	0,000012	0,00015	0,000005	0,0000050	0,0000050	-0,2	-0,5

Huom; Vihreällä korostetut arvot ovat kynnysarvojen ylityksiä. Oranssilla korostetut ylittävät hälytysrajat.

9.7 Louhosjärvet

Sulkemisen jälkeinen: Louhosjärven palautuminen

Sulkemisen aikana avolouhokset tullaan keinotekoisesti täyttämään louhosjärvien muodostamiseksi kuten selvitetty kappaleessa 7.1.1. Täyteen täyttämiseen tarvittava aika Hannukaisen louhokselle on 13 – 81 vuotta ja Kuervitikon louhokselle 4 – 18 vuotta vastaavasti. Tahti riippuu jokien, selkeytysaltaan ja louhokseen käänntyistä pintojen valumaveden vesien määristä. Täysi kuvaus näistä syötteistä toimitetaan Liitteessä K ja yhteenvedettynä alla:

- Sadanta ja haihtuminen louhosjärven pinnalla; Malli ennakoi muutoksen louhosjärven pinta-alassa ajan myötä sen täytyessä, perustaen järven alan suhde louhosjärven tilavuuden suhteisiin.
- Pohjaveden tulovesi ja ulosvirtaama: Pohjaveden tulovedet Hannukaisen ja Kuervitikon louhoksiin on ennakoitu pohjavesimallinnuksella. Louhokset ovat nieluja pohjavesille ja pohjaveden tulovesimäärät louhosjärviin vähenee niiden täytyessä.
- Pintojen veden valunnat louhosseinämien yli: Louhosseinä on paljastuneena louhosjärven yllä, louhosjärven pinnankorkeus vaihtelee kun louhosjärvi täyttyy. louhosseinämien pinta-ala lasketaan louhoksen kokonaisalan ja louhosjärven alan erotuksena. Ajan mittaan louhosseinämien pinta-ala tulee tasaisesti pienemmäksi kun louhosjärvi laajenee ja peittää louhosseinämät.
- Valunta louhosjärviä ympäröiviltä valuma-alueilta: Suljettaessa valuma sivukivien läjitysalueilta ja valuma-alueiden yläjuoksulta ohjataan louhosjärviä kohti.
- Vedenotto joista: Käytännöllisistä ja ympäristöllisistä syistä lähtötilanne olettaa, että talven aikana ei ole pumppaamista (marraskuusta huhtikuuhun). Pumppausmäärät avointen vesien kuukausina (toukokuusta lokakuuhun) on asetettu 550 l/s, mikä on noin 3 % toukokuun (sulaminen keväällä) joen virtaamasta ja 10 % keskikesän virtaamista.
- Ylivuoto louhosjärvistä: Hannukaisen louhosjärvi ylivuotaa kohti Äkäsjokea, kun louhosjärven vedenpinta ylittää 185.5 mmpy, Kuervitikon louhosjärvi ylivuotaa kohti Kuerjokea, kun vedenpinta ylittää 234.3 mmpy.

Keinotekoisien täyttämisen skenaariot yhteenvedetään taulukossa 9-47.

Lisää yksityiskohtia louhosjärven palautumisen mallinnukselle, sisältäen kaikki mallin syötteet, toimitetaan Liitteessä K.

Taulukko 9-44: Louhosjärven palautumisen ennakoitu nopeus: keinotekoisien täyttämisen skenaariot

Malliajo	Kommentti	Vuodet louhosjärven täyttymisen	Tulos verrattuna lähtötasoon
Hannukainen			
Lähtötaso	Muuttujat kuten taulukossa 8 Liitteessä K	14	
Herkkyys 1	1/20 tulvavuoden sademäärä joka vuosi. Tulvavuoden valuma WRD:lta.	14	Korkeammilla sade- ja valuntamäärillä ei ole merkittävää vaikutusta täyttymiseen kuluvaan aikaan, koska pumpatut tulovedet hallitsevat vesitasetta
Herkkyys 2	1/20 kuivan vuoden sademäärä joka vuosi. Kuivan vuoden valuma WRD:lta.	15	Matalammilla sade- ja valuntamäärillä ei ole merkittävää vaikutusta täyttymiseen kuluvaan aikaan, koska pumpatut tulovedet hallitsevat vesitasetta
Herkkyys 3	Ei pumpattua tulovettä	81	Koska pumpatut tulovedet hallitsevat Hannukaisen louhoksen Lähtötason vesitasetta, ilman pumpattua tulovettä louhosjärven täyttymiseen kuluva aika nousee 82 vuoteen.
Herkkyys 4	Pumpattu tulovesi puolitetty	24	Pumpattujen tulovesien puolittaminen nostaa täyttymisajan 25 vuoteen.
Herkkyys 5	Pohjaveden tulovesi puolitetty	15	Pohjaveden tulovedet ovat pieni osa Lähtötason vesitasetta, joten tulovesien puolittamisella ei ole merkittävää vaikutusta täyttymiseen kuluvaan aikaan.
Herkkyys 6	Pohjaveden tulovesi kaksinkertaistettu	13	Pohjaveden tulovedet ovat pieni osa Lähtötason vesitasetta, joten tulovesien kaksinkertaistamisella ei ole merkittävää vaikutusta täyttymiseen kuluvaan aikaan.
Herkkyys 7	Kuervitikon louhos täyttynyt ennen Hannukaisen louhosta	18	Kuervitikon louhosjärven täyttäminen ennen Hannukaisen täyttämistä ennakoitua viivyttävän Hannukaisen täyttämistä noin 4-vuodella Lähtötasosta.
Kuervitikko			
Lähtötaso	Muuttujat kuten Taulukossa 8 Liitteessä K	17	
Herkkyys1	1/20 tulvavuoden sademäärä joka vuosi. Tulvavuoden valuma WRD:lta.	16	Korkeammilla sade- ja valuntamäärillä ei ole merkittävää vaikutusta täyttymiseen kuluvaan aikaan, koska pohjaveden tulovedet hallitsevat vesitasetta alkujakson aikana, kun Kuervitikkoon ei ole pumpattuja tulovesiä.
Herkkyys 2	1/20 kuivan vuoden sademäärä joka vuosi. Kuivan vuoden valuma WRD:lta.	17	Matalammilla sade- ja valuntamäärillä ei ole merkittävää vaikutusta täyttymiseen kuluvaan aikaan, koska pohjaveden tulovedet hallitsevat vesitasetta alkujakson aikana, kun Kuervitikkoon ei ole pumpattuja tulovesiä.
Herkkyys 3	Ei pumpattua tulovettä	18	Pumpatuilla tulovesillä on rajoittunut vaikutus täyttymisaikaan, koska louhosjärvi on jo huomattavasti täyttynyt ennen kuin pumppaaminen aloitetaan (eli Hannukaisen täyttymisen jälkeen). Kuervitikko voi täytyä 19 vuodessa pelkästään pohjavesien tulovesillä.
Herkkyys 4	Pumpattu tulovesi puolitetty	18	Pumpattujen tulovesien puolittamisella on yllämainituista syistä johtuen rajoittunut vaikutus täyttymiseen kuluvaan aikaan.
Herkkyys 5	Pohjaveden tulovesi puolitetty	18	Pohjavesien tulovesien vähennyksen vaikutus kompensoidaan pumppaamalla tulovesiä täyttämään louhos vuosina 16–19.
Herkkyys 6	Pohjaveden tulovesi kaksinkertaistettu	10	Pohjavesien tulovedet ovat Kuervitikon louhosjärven tärkeimmät tulovedet ja pohjavesivirtaamisen lisääminen vähentää aikaa louhosjärven täyttymiseen.
Herkkyys 7	Kuervitikon louhos täyttynyt ennen Hannukaisen louhosta	4	Jos Kuervitikko täytetään ennen Hannukaisen louhosta, louhos pystytään täyttämään huomattavasti lyhyemmässä ajassa kuin Lähtötason olosuhteissa.

Sekä Hannukaisen että Kuervitikon louhosjärvien vedenkorkeuden ennakoidaan nousevan samalle tasolle louhosta ympäröivän topografian kanssa (185.5 mmpy ja 234.3 mmpy vastaavasti) ja silloin louhosjärvet valuvat yli. Taulukko 9-48 esittää ennakoidut vakaan tilan ylivuotamisen määrät erilaisille ilmastollisille skenaarioille ja valuntaskenaariot on selvitetty taulukossa 9-47.

Taulukko 9-45: Mallinnetut louhosjärvien ylivalunta määrät

Ilmasto-olosuhteet ja WRD valuma	Vakaan tilan ylivuotamismäärät jokeen (m ³ /p)	
	Hannukainen (Äkäsjokeen)	Kuervitikko (Kuerjokeen)
Keskimääräinen, ei WRD valumaa	2,930	^a 1,890
Märkä, ei WRD valumaa	4,160	^a 3,000
Kuiva, ei WRD valumaa	164	^a 1,450
Keskimääräinen, WRD valumaa	3,390	1,890
Märkä, WRD valumaa	4,660	3,000
Kuiva, WRD valumaa	1,950	1,450

^a Malli ei ennako i pintavalumaa Kuervitikkoon.

Vedenkorkeuden palautuminen jokaisessa syvänteessä ja pumppauskaivossa (selvitetty kappaleessa 7.1.1) tapahtuu aluksi itsenäisesti viereisistä syvänteistä molemmissa louhoksissa. Ainoastaan, kun vedenkorkeus saavuttaa syvänteiden välisen harjanteen, vedet sekoittuvat ja yksittäiset louhosjärvet muodostuvat sekä Hannukaiseen että Kuervitikkoon.

Sulkemisen jälkeen: vedenlaatu

Kuvaus

Vedenlaatuennusteet Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärville on tehty perustuen louhosjärvien numeeriseen hydrogeologiseen malliin esitettynä Liitteessä I. Täydelliset yksityiskohdat louhosjärvien vedenlaadun ennakointimenetelmistä ja tuloksista annetaan Liitteessä J.

Mallin yksinkertaistamiseksi jokainen syväne Hannukaisen ja Kuervitikon päälouhoksissa on käsitelty yhtenä yksikkönä (eli yksi vedenlaatuennuste on tehty kullekin louhokselle). ennusteet on tehty kahdelle skenaariolle;

- Ensimmäinen vuoto louhosjärveltä: Tämä skenaario arvioi vedenlaatua hetkellä, kun louhosjärvet täyttyvät ja vesi vuotaa yli. Tulos olettaa, että jokivettä on käytetty auttamaan louhosjärvien täyttöä ja jokivesi vaikuttaa laimentamaan tulovesipanostuksia louhosseinämitä ja valumaa sivukivien läjitysalueilta. Pumpattu jokivesi vastaa pienempää prosenttiosuutta Kuervitikon louhosjärven tulovesien kokonaismäärästä kuin Hannukaisen louhosjärvelle, suurimman osan Kuervitikon louhosjärven täyttävästä vedestä tullessa sadannasta louhoksen pinnalle ja pohjavedestä (katso liite K). On huomattava ennusteiden olettaen, että louhosjärvet ovat täysin sekoittuneet.
 - Vakaa tila: Tämä skenaario arvioi vedenlaatua louhosjärvissä olettaen vakaan tilan tulovesiä jokaisesta tärkeimmästä lähteestä järvelle. Oletetaan, että ajan myötä alkutilan vaikutus vedenlaatuun louhosjärvissä (eli louhosjärveen pumpatun jokiveden myötävaikutus nopeuttamaan täyttymistä) häviää ja vedenlaatu louhosjärvissä heijastelee suhteellista myötävaikutusta luonnollisesta valumasta, louhosseinämien

Lisäksi on toimitettu kaksi vedenlaatuennustetta, yksi olettaen, että suotovesi mahdollisesti happoa tuottavalta sivukivien läjitysalueelta on kosteuskammiotestin (HCT) tulosten mukainen, toinen olettaen, että suotovesi mahdollisesti happoa tuottavista sivukivimateriaaleista on hapontuottopotentiaalin määrittämistestin (NAG tiedot) tulosten mukainen. Vaikka on yleinen käytäntö käyttää kosteuskammiotestin tuloksia suotovesien vedenlaadun laskemiseen sulfidipitoiselle sivukivelle, SRK:n mielipide on, että Hannukaisen kosteuskammiotestit eivät ole vielä täysin kehittyneet ja eivätkä siten ole edustavia pitkän ajan suotovesien syntymiseen mahdollisesti happoa tuottavien läjityskasojen materiaaleista. Siksi esitetään, että kosteuskammiotestiin perustuvat tulokset saattavat aliarvioida todellisen sivukivien läjitysalueiden valuman laadun. Tässä tapauksessa, että mahdollisten kemioiden laajuuden voidaan ennustaa, SRK on käyttänyt myös hapontuottopotentiaalin määrittämistestin tuloksia (joka käyttää aggressiivista vetyperoksidi uuttoa) ennakoimaan suotoliukenemisen tulosten ylärajan. Sen takia esitetään kaksi skenaariota; yksi, missä hapontuottopotentiaalin määrittämistulokset mahdollisesti yliarvioivat todelliset sivukivien läjitysalueiden suotoveden laadun ja toinen, missä kosteuskammio testin tulokset todennäköisesti aliarvioivat sivukivien läjitysalueiden suotovesien laadun. Siten vedenlaatu ennusteet pohjautuen näiden kahden mallin syötteisiin on arvioitu myöhemmin taulukoissa tuottamaan rajat todennäköiselle jokiveden laadulle; todellisen sivukivien läjitysalueiden valuman laadun odotetaan sijaitsevan jossain näiden kahden tulossarjan välillä.

Vedenlaatuolosuhteet ensimmäisen ylivuodon olosuhteille Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärville näytetään taulukossa 9-49 ja taulukossa 9-51 vastaavasti, sekä vakaan tilan olosuhteille taulukossa 9-50 ja 9-52. Analysointi on tehty ainoastaan vastaavalle hälytysarvolle kunkin järven vastaanottavalle vesistölle. Kynnysarvoja ei ole arvioitu, koska ne ovat ominaisia ainoastaan vastaanottavalle vesistölle, eivätkä esitä mahdollisuutta negatiiviseen vaikutukseen tulevaisu louhosjärvissä. Vaikutukset vastaanottaviin vesistöihin selvitetään yksityiskohtaisemmin kappaleissa 9.1 ja 9.2. Vedenlaatuvaikutukset tärkeimmille parametreille on selvitetty alla.

Hannukaisen louhosjärvi: Ei lieventämistä

On mahdollisuus hälytysrajojen ylitykselle johtuen näytteenottopisteestä FS09 (sijaitsee Äkäsjoella) ensimmäisen ylivuodon aikana tärkeimmille parametreille eli rauta, alumiini, kadmium, kromi, koboltti, kupari ja nikkeli. Kosteuskammiotestiä käyttäen tehdyt vedenlaatuennusteet osoittavat ylitystä ainoastaan kadmiumille ja kromille. Kadmiumin ja kromin ylitykset näyttävät liittyvän saatavilla oleviin havaintorajoihin testaustyössä kadmiumin kohdalla ja tehostuneen kromin vapautumisen vuoksi hapontuottopotentiaalitestissä.

Pitoisuuksien vakaan tilan aikana Hannukaisen louhosjärvessä ennakoidaan olevan matalampia kuin vedenlaadun ensimmäisen ylivuodon vedessä. Tämä johtuu suuremmasta osuudesta vastaanotettua suotovettä mahdollisesti happoa tuottavalta sivukivien läjitysalueelta louhosjärveen sekä jatkuvan hyvälaatuisen jokiveden sisäänvirtaaman puuttumisesta.

Perustuen kosteuskammiotestiin, tärkeimpien muuttujien pitoisuudet, sulfaatti, alumiini, kadmium, kromi, koboltti, elohopea, mangaani, nikkeli, sinkki ja uraani, ennakoidaan ylittävän FS09:n hälytysarvot. Lisäksi lyijyn, arsenikin ja raudan ylitykset ennakoidaan hapontuottopotentiaalitestin suotovesimalleille. pH olosuhteiden ennakoidaan olevan heikosta hieman kohonneeseen happopitoisuuteen perustuen kosteuskammiotestin ja hapontuottopotentiaalitestin tuloksiin, vaihdellen 6,1 ja 3,5 välillä.

Hannukaisen louhosjärvi: Lievennetty

Kalkkikiven lisäämisen mahdollisesti happoa tuottavaan sivukivenläjityskasaan ennakoidaan merkittävästi vähentävän kuormitusta louhosjärviin ja vähentävän raudan, alumiinin, koboltin, kuparin, ja nikkelin pitoisuuksia ensimmäisen ylivuodon aikana, pitoisuuksien ennakoidaan kuitenkin ylittävän FS09:n hälytysrajat perustuen alkuperäiseen hapontuottopotentiaalitestin tuloksiin.

Kalkkikiven lisäämisen mahdollisesti happoa tuottavaan sivukivenläjityskasaan ennakoidaan saavan aikaan merkittävän parannuksen Hannukaisen louhosjärven vedenlaatuun vakaiden olosuhteiden aikana. Raudan, alumiinin, arsenikin, mangaanin ja lyijyn pitoisuuksien ennakoidaan vähentyvän alle FS09:n hälytysrajojen, samaan aikaan on ennakoitu huomattava vähennys koboltin, nikkelin, kuparin, lyijyn ja sinkin pitoisuuksiin.

Laskelmat osoittavat, että tarvitaan arviolta 13 Mt kalkkikiveä neutralisoimaan mahdollisesti happoa tuottavat sivukivien läjitysalueet.

Kuervitikon louhosjärvi. ei lieventämistä

Kuervitikon louhosjärven vedenlaatua on verrattu näytteenottopaikan FS40 (sijaitsee Kuerjoessa) hälytysrajoihin. Ensimmäisen ylivuodon olosuhteet Kuervitikon louhosjärven vedenlaatuun osoittavat ylityksiä kadmiumille, kromille ja elohopealle kosteuskammiotestin ennusteissa, lisäksi sulfaatin, raudan, alumiinin, koboltin, kuparin, nikkelin ja sinkin ylityksiä hapontuottopotentiaaliennusteissa.

FS40 hälytysrajojen tärkeimpien muuttujien ylityksiä ei ennakoida vakaan tilan olosuhteille kaikissa ennakoituissa skenaarioissa.

Kuervitikon louhosjärvi: Lievennetty

Kalkin lisääminen ensimmäisen louhoksen ylivuodon neutralisoimiseksi parantaa huomattavasti Kuervitikon vedenlaatua vähentämällä raudan, alumiinin, kromin, kuparin, elohopean ja sinkin pitoisuuksia alle FS40:n hälytysrajojen. Lisävähennyksiä sulfaatin, kadmiumin ja nikkelin pitoisuuksiin ennakoidaan kalkkikiven lisäämisellä lähteellä.

Taulukko 9-46: Hannukaisen louhosjärven ensimmäisen ylivuodon veden ennakoitu vedenlaatu

Muuttuja	Yksikkö	AV - FS09	HCT*	NAG*	NAG - CaCO ₃ lisätty WRD:n
Keskeiset muuttujat					
Nitraatti	mg/l	20	0.487	0.488	0.488
Kloridi	mg/l	150	2.27	1.74	1.73
Sulfaatti	mg/l	65	31	41.6	37.1
Rauta	mg/l	0.975	0.295	2.98	0.489
Alumiini	mg/l	0.1	0.0109	0.206	0.115
Arseeni	mg/l	0.005	0.000612	0.00051	0.000508
Kadmium	mg/l	0.00008	0.000124	0.000114	0.000095
Koboltti	mg/l	0.004	0.00129	0.0187	0.00453
Kromi	mg/l	0.001	0.00404	0.0035	0.00347
Kupari	mg/l	0.005	0.00213	0.162	0.0116
Elohopea	mg/l	0.00005	0.0000438	3.32E-05	0.0000298
Mangaani	mg/l	0.7	0.0974	0.0826	0.0503
Molybdeeni	mg/l	1	0.00287	0.00139	0.00137
Nikkeli	mg/l	0.02	0.00353	0.0213	0.00349
Lyijy	mg/l	0.0072	0.000417	0.000549	0.00042
Sinkki	mg/l	0.03	0.00873	0.0136	0.00678
Uraani	mg/l	0.015	0.00594	0.00496	0.00495
Muut muuttujat					
pH	s.u.	6.5	6.08	4.57	5.18
Fosfaatti	mg/l	0.01926	0.0533	0.0531	0.052
Kalsium	mg/l	6.542	15.7	11.4	11.6
Kalium	mg/l	0.888	5.47	3.21	3.43
Magnesium	mg/l	1.808	2.71	2.83	2.7
Natrium	mg/l	2.794	5.46	4.72	4.71
Pii	mg/l	9.62	2.39	2.91	2.92
Barium	mg/l	0.01792	0.0129	0.012	0.012
Strontium	mg/l	0.03014	0.0679	0.0493	0.0493
Antimoni	mg/l	0.00002802	0.00311	0.000182	0.000182
Lisä parametrit					
Alkalinity	mg/l		5.15	-1.59	0.344
Fluorine	mg/l		0.0481	0.123	0.0525
Silver	mg/l		0.000619	0.000176	0.000169
Boron	mg/l		0.0133	0.0121	0.0121
Lithium	mg/l		0.025	0.00426	0.00425
Selenium	mg/l		0.000541	0.000761	0.000262
Tin	mg/l		0.000112	0.000172	0.000172
Thallium	mg/l		0.00626	0.000186	0.000186
Vanadium	mg/l		0.0125	0.00947	0.00893

Huomio; Oranssilla korostetut ovat hälytysrajojen ylityksiä. *HCT= Kosteuskammiotestiin perustuva ja NAG= Hapontuottopotentiaalin määrittämiseksi perustuva.

Taulukko 9-47: Kuervitikon louhosjärven ensimmäisen ylivuodon veden ennakoitu vedenlaatu

Muuttuja	Yksikkö	AV - FS40	HCT*	NAG*	NAG – Kalkkia lisätty louhosjärveen	NAG - CaCO ₃ lisätty WRD:n
Key Parameters						
Nitraatti	mg/l	20	0.207	0.199	0.199	0.199
Kloridi	mg/l	150	3.93	2.37	2.36	2.36
Sulfaatti	mg/l	65	30.8	76.6	76.3	57.3
Rauta	mg/l	0.72	0.364	11.3	0.223	0.727
Alumiini	mg/l	0.1	0.074	0.61	0.0027	0.23
Arseeni	mg/l	0.005	0.00106	0.000622	0.000000257	0.000616
Kadmium	mg/l	0.00008	0.000178	0.000142	0.000136	0.0000604
Koboltti	mg/l	0.004	0.00367	0.071	0.0696	0.0132
Kromi	mg/l	0.001	0.00792	0.00603	0.000000566	0.00587
Kupari	mg/l	0.005	0.00297	0.653	0.0165	0.0212
Elohopea	mg/l	0.00005	0.000084	5.72E-05	0.0000397	0.0000429
Mangaani	mg/l	0.7	0.256	0.198	0.196	0.0755
Molybdeeni	mg/l	1	0.0079	0.00237	0.002	0.00228
Nikkeli	mg/l	0.02	0.0111	0.0837	0.0783	0.0071
Lyijy	mg/l	0.0072	0.000249	0.000804	0.00000425	0.0002
Sinkki	mg/l	0.03	0.0158	0.0359	0.0288	0.00718
Uraani	mg/l	0.015	0.00646	0.00906	0.00905	0.00901
Muut muuttujat						
pH	s.u.	6.5	5.66	3.86	7	4.44
Fosfaatti	mg/l	0.017	0.116	0.118	0.00282	0.114
Kalsium	mg/l	4.8	25.4	12.1	36.7	12.6
Kalium	mg/l	0.82	16.4	8.17	8.17	9.08
Magnesium	mg/l	1.4	4.29	5.24	5.23	4.7
Natrium	mg/l	2.5	10.7	8.74	8.73	8.72
Pii	mg/l	10	2.93	4.06	4.05	4.06
Barium	mg/l	0.01	0.0119	0.00973	0.00973	0.00973
Strontium	mg/l	0.03	0.114	0.0478	0.0478	0.0476
Antimoni	mg/l	0.000014	0.012	0.000394	0.000394	0.000393
Lisä muuttujat						
Alkaalit	mg/l		1.9	-9.34	43.7	-2.27
Fluori	mg/l		0.102	0.409	0.409	0.116
Hopea	mg/l		0.00198	0.00039	0.00039	0.000361
Boori	mg/l		0.0305	0.0273	0.0273	0.0272
Litium	mg/l		0.0722	0.0117	0.0117	0.0117
Seleen	mg/l		0.00179	0.0027	0.000375	0.000499
Tina	mg/l		0.000206	0.00038	0.00038	0.000379
Tallium	mg/l		0.0189	0.00044	0.00044	0.000439
Vanadiini	mg/l		0.0301	0.0186	0.0000799	0.0162

Huomio; Oranssilla korostetut ovat hälytysrajojen ylityksiä. *HTC= Kosteuskammiotestiin perustuva ja NAG= Hapontuottopotentiaalin määrittämistestiin perustuva.

Taulukko 9-48: Hannukaisen louhosjärven vakaan tilan ylivuotoveden ennakoitu vedenlaatu

Muuttuja	Yksikkö	AV - FS09	HCT*	NAG*	NAG - CaCO ₃ lisätty WRD:n
Keskeiset muuttujat					
Nitraatti	mg/l	20	3.12	3.29	3.24
Kloridi	mg/l	150	77.5	37.3	36.3
Sulfaatti	mg/l	65	264	1880	878
Rauta	mg/l	0.975	0.409	180	0.332
Alumiini	mg/l	0.1	0.102	65.6	0.0445
Arseeni	mg/l	0.005	0.00361	0.00818	0.00344
Kadmium	mg/l	0.00008	0.00179	0.00321	0.000959
Koboltti	mg/l	0.004	0.068	1.86	0.11
Kromi	mg/l	0.001	0.0808	0.131	0.0767
Kupari	mg/l	0.005	0.0114	18.8	0.0103
Elohopea	mg/l	0.00005	0.00212	0.00113	0.000754
Mangaani	mg/l	0.7	5.27	4.71	0.405
Molybdeeni	mg/l	1	0.0419	0.0479	0.0341
Nikkeli	mg/l	0.02	0.0497	2.15	0.0292
Lyijy	mg/l	0.0072	0.00134	0.0466	0.00104
Sinkki	mg/l	0.03	0.0703	0.85	0.0633
Uraani	mg/l	0.015	0.321	0.278	0.271
Muut muuttujat					
pH	s.u.	6.5	6.06	3.47	6.31
Fosfaatti	mg/l	0.01926	0.391	2.28	0.468
Kalsium	mg/l	6.542	396	88.6	91.9
Kalium	mg/l	0.888	435	247	230
Magnesium	mg/l	1.808	84.6	106	34.1
Natrium	mg/l	2.794	175	112	107
Pii	mg/l	9.62	5.46	5.45	5.52
Barium	mg/l	0.01792	0.0167	0.00235	0.00304
Strontium	mg/l	0.03014	2.74	0.661	0.722
Antimoni	mg/l	2.8E-05	0.243	0.00733	0.00997
Lisä muuttujat					
Alkaalit	mg/l		6	-54.7	9.95
Fluori	mg/l		0.779	9.94	1.06
Hopea	mg/l		0.0516	0.00972	0.00796
Boori	mg/l		0.803	0.724	0.694
Litium	mg/l		2.2	0.304	0.284
Seleen	mg/l		0.00483	0.0892	0.00498
Tina	mg/l		0.00435	0.01	0.00979
Tallium	mg/l		0.577	0.0116	0.0111
Vanadiini	mg/l		0.24	0.304	0.24

Huomio; Oranssilla korostetut ovat hälytysrajojen ylityksiä. *HTC= Kosteuskammiotestiin perustuva ja NAG= Hapontuottopotentiaalin määrittämistestiin perustuva.

Taulukko 9-49: Kuervitikon louhosjärven vakaan tilan ylivuotoveden ennakoitu vedenlaatu

Muuttuja	Yksikkö	AV - FS40	HCT*	NAG*	NAG - CaCO ₃ lisätty WRD:n
Keskeiset muuttujat					
Nitraatti	mg/l	20	0.0911	0.0911	0.0911
Kloridi	mg/l	150	2.06	2.06	2.06
Sulfaatti	mg/l	65	3.71	3.71	3.71
Rauta	mg/l	0.72	0.23	0.23	0.23
Alumiini	mg/l	0.1	0.00598	0.00597	0.00598
Arseeni	mg/l	0.005	0.000737	0.000737	0.000737
Kadmium	mg/l	0.00008	1.56E-05	1.56E-05	0.0000156
Koboltti	mg/l	0.004	0.000207	0.000207	0.000207
Kromi	mg/l	0.001	0.000455	0.000455	0.000455
Kupari	mg/l	0.005	0.000897	0.000895	0.000897
Elohopea	mg/l	0.00005			
Mangaani	mg/l	0.7	0.0397	0.0397	0.0397
Molybdeeni	mg/l	1	0.00175	0.00175	0.00175
Nikkeli	mg/l	0.02	0.000764	0.000763	0.000764
Lyijy	mg/l	0.0072	0.00013	0.00013	0.00013
Sinkki	mg/l	0.03	0.00345	0.00345	0.00345
Uraani	mg/l	0.015	0.000148	0.000148	0.000148
Muut muuttujat					
pH	s.u.	6.5	6.27	6.27	6.27
Fosfaatti	mg/l	0.017	0.0827	0.0828	0.0827
Kalsium	mg/l	4.8	3.93	3.93	3.93
Kalium	mg/l	0.82	0.973	0.974	0.973
Magnesium	mg/l	1.4	1.56	1.56	1.56
Natrium	mg/l	2.5	6.86	6.85	6.86
Pii	mg/l	10	2.06	2.06	2.06
Barium	mg/l	0.01	0.00582	0.00582	0.00582
Strontium	mg/l	0.03	0.0191	0.0191	0.0191
Antimoni	mg/l	0.000014			
Lisä muuttujat					
Alkaalit	mg/l		7.86	7.87	7.86

Huomio; Oranssilla varjostetut arvot ylittävät hälytysrajat.

**HCT = Kosteuskammio testi analyysiin perustuva, NAG = Hapontuottopotentiaalin määrittämistestin analysointiin perustuva*

Sulkemissuunnitelman kehittäminen Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärville on käynnissä. Keinotekoisia täyttämistä on tutkittu Vaiheen 2 tutkimuksessa ja konservatiivista lähestymistä on käytetty louhosjärvien vedenlaatuennusteessa, mikä olettaa, että louhosjärvet ovat täysin sekoittuneet.

Kuitenkin Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärvien suhteellisen suuret syvyydet verrattuna louhosjärvien pinta-alaan (11,4 ja 12,3 % vastaavasti⁷) on erittäin todennäköistä, että molemmista louhosjärvistä tulee meromiktisia, eivätkä koe täyttä kausittaista vaihdosta. Tämä on ominaista Hannukaisen nykyisille louhosjärville, jotka osoittavat voimakasta kerrostumista ja joissa ei ole havaittu vaihdosta. Sen vuoksi seuraavan vaiheen geokemiallinen ennuste voi sisältää kemiallisen kerrostumisen vaikutuksen.

⁷ Suhteellinen syvyys = $50z_m\sqrt{\pi}/\sqrt{A_0}$ missä A_0 on lopullinen louhosjärven pinta-ala ja z_m on louhosjärven syvyys (Doyle and Runnels (1997))

9.8 Rautuvaaran selkeytsaltaat

Toiminta- ja sulkemisen jälkeinen vaihe: rikastushiekkojen läjityksen vaikutus vedenlaatuun

Kahden selkeytsaltaan vedenlaatu Rautuvaaran rikastushiekka alueella (pohjoisallas ja eteläallas) kaivoksen elinaikana ja Hannukaisen kaivosalueen lopettamisen jälkeen on ennakoitu käyttäen kappaleessa 8.1.3 selvitettyjä menetelmiä. Ennustetut vedenlaadut eteläaltaalle on annettu taulukossa 9-53 ja taulukossa 9-54 ja ennakoitu vedenlaatu pohjoisaltaalle on annettu taulukossa 9-55 ja taulukossa 9-56 talvi ja kevät skenaarioille vastaavasti.

Kaivoksen elinkaaren malliennusteet on tehty vuosien 5, 10, ja 18 (vuoden 19 ollessa kaivoksen elinajan loppu) skenaarioille. Sulkemisen jälkeiset ennusteet perustuvat korkearikkisen rikastushiekan eristeen eheyteen (kuva 7-2). On suunniteltu, että korkearikkiset rikastushiekat eristetään matalan läpäisyn HDPE eristeellä ja, lopettamisen jälkeen, päällystetään matalan läpäisevyyden pieni tiheyksillä polyetyleni (LDPE) peitteellä. Siten on ennakoitu että suotaminen korkearikkisiltä rikastushiekka-alueilta tullaan tehokkaasti eliminoimaan.

Rikastushiekkojen luonnehdintaraportissa (Erikson, 2012) kuitenkin viitataan, että pitkän ajan kuluessa eristysmateriaalin eheys heikentyy suotovesien takia, saaden aikaan hieman suotoa korkearikkisiltä materiaaleilta vapautuen Niesajoen valuma-alueelle. Koska eristysjärjestelmän heikkenemisen laajuutta ei pystytä täysin määrittämään, tehtiin malliajojen sarja ottaen huomioon vaihtelut suotokuormituksessa sulkemisen jälkeen, 0, 10, 50 ja 100 % mahdollisesta kuormituksesta ennakoituna Eriksonissa (2012). Kaivoksen elinaikana odotetaan että eristysjärjestelmän eheyden seurauksena käsittelemättömien päästöjen määrä pysyy nollassa korkearikkisiltä rikastushiekoilta.

Ennustettu vedenlaatu eteläaltaassa on annettu taulukossa 9-53 ja taulukossa 9-54. On ilmeistä, että seuraavien elementtien pitoisuuksien ennakoidaan ylittävän FS23:n (sijoitettu Muonionjokeen juuri Niesajoen yhtymäkohdan yläpuolelle) hälytysrajat sekä talvi ja kevät skenaarioissa:

Nykyiset olosuhteet: sulfaatti, arsenikki, kadmium, koboltti ja kromi

Kaivoksen elinkaaren loppu: sulfaatti, kadmium, koboltti, kupari, elohopea, nikkeli ja sinkki

Sulkemisen jälkeen: sulfaatti, kadmium, koboltti, kupari, elohopea, magnaani, nikkeli, uraani ja sinkki

On huomattava, että kadmiumin ja elohopean ennakoidut ylitykset ovat mahdollisia jäämiä mallien havainnointirajoista.

Kuten rikastushiekkojen luonnehdintaraportissa (Erikson, 2012) kuvataan, kuormituksen LIMS-magneettierotelluilta rikastushiekoilta ennakoidaan lisääntyvän sulkemisen jälkeen pinnan alenemisen takia (johtaen rikastushiekkakasan ylemmän osan tyydyttymättömäksi tulemiseen) ja suurempi massa tyydyttymätöntä rikastushiekkaa altistuu sääolosuhteille. Tämän ennakoidaan johtavan keskeisten alkuaineiden pitoisuuksien merkittävään lisääntymiseen. Erityisesti molybdeenin ja uraanin (molemmat lähtöisin pääsääntöisesti LIMS-magneettierotelluilta rikastushiekoilta) on ennakoitu osoittava kymmenkertaisia pitoisuuksien nousuja verrattuna kaivoksen elinajan loppuun. Kuitenkin vain uraanin pitoisuuksien ennakoidaan ylittävän FS23:n hälytysrajat. Korkearikkisen rikastushiekka-alueen sulkemisen jälkeinen eristeen heikkeneminen saa aikaan selvän nousun kobolttin,

kuparin ja nikkelin pitoisuuksissa eteläaltaassa.

Mallin tulokset osoittavat odotetusti, että Hannukaisen LIMS-magneettieroteltujen ja korkearikkisten rikastushiekkojen sijoittaminen Rautuvaaran hankealueelle saa aikaan lisäyksen suurimmassa osassa keskeisiä parametrejä nykyisiin olosuhteisiin verrattuna ja ennakoitaan olevan näin kaikissa mallinnetuissa kaivoksen kehitysvaiheissa (vuodet 5, 10 ja 18 ja sulkemisen jälkeen). Poikkeukset näihin keskeisien muuttujien yleiseen nousuun ovat arsenikki ja lyijy, johtuen historiallisten rikastushiekkojen (päälähte arsenikin ja lyijyn päästöille) kyllästymisestä ja sen takia pienentyneestä rapautumisen nopeudesta näiltä materiaaleilta.

Olisi huomattava, että alumiinin ja raudan pitoisuuksien ennakoitaan olevan matalammat kaivoksen elinkaaren aikaisissa ja sulkemisen jälkeisissä skenaarioissa kuin nykyisissä altaissa, mutta on todennäköinen reagoimaan rautaoksidin ja alumiinioksidin tasapainotukseen malleissa. On odotettavissa, että raudan ja alumiinin pitoisuudet ovat lähempänä nykyisiä altaiden vedenlaatuja johtuen sitoutumisesta orgaanisiin happoihin (huomio: orgaanista happosidosta ei pystytä mukaanlukemaan nykyiseen malliin).

Huokosvesi rikastushiekka-altailta suotaa alapuolella olevaan pohjavesijärjestelmään ja kulkeutuu alueelta kohti etelää alueellista pohjavesireittiä pitkin, selvitetty aiemmin kappaleessa 9.4. On todennäköistä, että rikastushiekka-altaan kuparin ja muiden keskeisten elementtien päästöjen merkittävää luonnollista laimentumista tapahtuu pohjaveden virtaamareitillä. Tämä luultavasti muuttuu, kun suotovesi kohtaa turvemateriaalin, mitä saattaa olla korkearikkisten rikastushiekkojen alla ja millä tiedetään olevan korkea kapasiteetti laimentamaan metalleja kuten kupari, koboltti, nikkeli ja uraani. Tämä on osoitettu SRK:n (SRK, 2012c) laimentumistesteissä ja suotovesiä vastaanottavien turvemateriaalien analyysissä nykyiseltä rikastushiekka alueelta on osoitettu rikastushiekoista päässeiden alkuaineiden väkevöitymistä, mikä ilmaisee laimentumista tapahtuvan (Närhi ym. 2012). Muiden kuin mineraalien tasapainotuksen lähdearvojen pitoisuuksien heikentymisen vaikutus on nykyisten HIA ennusteiden laajuuden ulkopuolella ja sen takia tässä ennakoitu vedenlaatu voidaan nähdä konservatiivisena tässä suhteessa.

Ennakoitu vedenlaatu pohjoisaltaassa kaivoksen elinkaaren ja sulkemisen jälkeisten olosuhteiden aikana näytetään taulukossa 9-55 talviolosuhteille ja taulukossa 9-56 kevätolosuhteille tässä järjestyksessä. Pohjoisaltaan tapauksessa ei ole tehty ohjearvoihin vertailua, vaan on pohjattu nykyisten olosuhteiden vertailuun.

Yleinen parannus vedenlaatuun pohjoisaltaassa ennakoitaan kaivoksen elinajan toimintojen aikana, tämä tapahtuu paikallisten pohjavesien virtaamajärjestelmän muutoksien vuoksi, selvitetty kappaleessa 9.4, joka ennakoi, että suotovesi nykyisiltä sivukivien läjitysalueelta ja rikastushiekka-altaalta kulkeutuu etelään päin kaivoksen elinajan ennemmin kuin kohti pohjoisallasta. Varovaisesti arvioituna 10 % LIMS-magneettieroteltujen ja 30 % korkearikkisten rikastushiekkojen kuormista kulkeutuu pohjoisaltaaseen, sen takia sulkemisen jälkeisten pitoisuuksien altaassa on ennakoitu laskevan verrattuna kaivoksen elinajan loppumisen vedenlaatuun ja nykyiseen vedenlaatuun. Mitä tulee eteläaltaan vedenlaatuun, alkuaineiden pitoisuuksien sulfaatille, koboltille, kuparille, nikkelille ja sinkille ennakoitaan lisääntyvän korkearikkisten rikastushiekkojen kuormituksen päästöissä.

Taulukko 9-53: Eteläaltaan ennakoitu keskimääräinen vedenlaatu talviolosuhteiden aikana

Parameter	Unit	AV - FS23	South Pond - Winter Conditions							
			Current Mean	Operational Mining			Post Closure			
				Year 5	Year 10	18 Years	No High S	10% High S	50% High S	100% High S
Key Parameters										
pH	S.U.		7.15	6.92	6.9	6.91	6.35	6.26	5.93	5.36
Nitrate	mg/l	20	0.332	3.447	2.778	1.556	0.13	0.13	0.13	0.13
Chloride	mg/l	150	1.65	0.575	0.682	0.347	1.88	1.88	1.88	1.88
Sulphate	mg/l	65	90.6	208	197	123	469	472	482	494
Iron	mg/l	1.9	0.842	0.00376	0.00399	0.00374	0.0113	0.0147	0.0417	0.772
Aluminium	mg/l	0.1	0.0236	0.0027	0.00275	0.0027	0.00505	0.00491	0.00569	0.022
Arsenic	mg/l	0.005	0.00521	4.44E-05	3.47E-05	1.65E-05	0.00161	0.00196	0.005	0.00582
Cadmium^	mg/l	0.00008	0.000254	9.78E-05	9.96E-05	7.76E-05	0.00111	0.00121	0.00165	0.0022
Cobalt	mg/l	0.004	0.00578	0.0607	0.0631	0.0528	0.0263	0.0368	0.0784	0.131
Chromium	mg/l	0.001	0.00117	1.93E-05	1.76E-05	1.67E-05	2.28E-06	0.0000159	0.0000749	0.000168
Copper	mg/l	0.005	0.00361	0.04	0.042	0.0381	0.0135	0.247	1.957	4.726
Mercury^	mg/l	0.00005	0.0000342	5.76E-05	6.08E-05	8.65E-05	0.00108	0.0012	0.00163	0.00217
Manganese	mg/l	0.7	0.281	0.32	0.315	0.234	0.829	0.83	0.841	0.847
Molybdenum	mg/l	1	0.000489	0.0184	0.015	0.00918	0.0629	0.063	0.0637	0.0639
Nickel	mg/l	0.02	0.0133	0.0693	0.0704	0.0508	0.0461	0.0559	0.0945	0.143
Lead	mg/l	0.0072	0.00115	0.000363	0.000363	0.000253	0.0000648	0.000344	0.000897	0.00116
Uranium	mg/l	0.015	0.00125	0.0148	0.0143	0.00928	0.958	0.957	0.957	0.957
Zinc	mg/l	0.03	0.00897	0.198	0.182	0.0994	0.564	0.573	0.587	0.602
Other Parameters										
Phosphate	mg/l	0.017	0.0263	0.144	0.121	0.0665	1.038	1.207	3.04	4.46
Calcium	mg/l	8.9	29.2	43.3	42.1	26.4	334	334	336	337
Potassium	mg/l	1.9	2.85	18.4	16.9	11	137	138	137	137
Magnesium	mg/l	2.4	12.3	9.99	9.24	6.12	41.3	41.3	41.3	41.5
Sodium	mg/l	3.4	4.43	19.3	17.6	13	28.6	28.5	28.5	28.6
Silicon	mg/l	10	3.72	0.887	0.794	0.41	2.89	2.89	2.89	2.88
Barium	mg/l	0.015	0.0151	0.019	0.0162	0.00854	0.0071	0.00707	0.00695	0.00682
Strontium	mg/l	0.043	0.0416	0.0287	0.0257	0.0131	1.029	1.025	1.025	1.028
Antimony	mg/l	0.00015	0.000891	0.00102	0.000924	0.000644	1.61E-06	1.61E-06	1.61E-06	0.0000016
Additional Parameters										
Alkalinity	mg/L as HCO ₃		45.87	28.7	27.4	27.4	9.12	7.38	3.82	1.13
Fluoride	mg/l			0.00861	0.0077	0.00388	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285
Silver*	mg/l			9.72E-08	8.69E-08	4.38E-08	3.22E-07	3.21E-07	3.21E-07	3.21E-07
Selenium*	mg/l			2.79E-06	2.50E-06	1.26E-06	8.39E-06	8.61E-06	9.16E-06	9.29E-06
Thorium*	mg/l						5.54E-05	5.54E-05	5.54E-05	5.54E-05
Thallium*	mg/l			5.48E-07	4.91E-07	2.47E-07	1.81E-06	1.81E-06	1.81E-06	1.81E-06

* Ag, Se, Th, Tl concentrations based on limited loadings from historic trial pits only

^ Cd and Hg concentrations elevation partially due to detection limits in groundwater constituent

Taulukko 9-54: Eteläaltaan ennakoitu keskimääräinen vedenlaatu kesäolosuhteiden aikana

Parameter	Unit	AV - FS23	South Pond - Summer Conditions							
			Current Mean	Operational Mining			Post Closure			
				Year 5	Year 10	18 Years	No High S	10%High S	50%High S	100%High S
Key Parameters										
pH	S.U.		7.15	6.85	6.83	6.84	6.59	6.5	6.2	5.88
Nitrate	mg/l	20	0.332	0.713	0.407	0.357	0.165	0.164	0.164	0.164
Chloride	mg/l	150	1.65	0.212	0.13	0.111	3.54	3.54	3.54	3.54
Sulphate	mg/l	65	90.6	263	571	461	490	492	501	511
Iron	mg/l	1.9	0.842	0.00327	0.00398	0.00364	0.00137	0.00169	0.00348	0.00855
Aluminium	mg/l	0.1	0.0236	0.0019	0.00197	0.00193	0.000784	0.000828	0.00129	0.00163
Arsenic	mg/l	0.005	0.00521	0.00026	0.00044	0.00033	0.000303	0.000255	0.00113	0.00521
Cadmium^	mg/l	0.00008	0.000254	0.00242	0.00719	0.00571	0.00112	0.00124	0.00167	0.00222
Cobalt	mg/l	0.004	0.00578	0.025	0.0194	0.0219	0.0279	0.0384	0.0807	0.133
Chromium	mg/l	0.001	0.00117	0.0242	0.0316	0.025	8.28E-06	0.0000516	0.000248	0.000366
Copper	mg/l	0.005	0.00361	0.0618	0.0782	0.0724	0.00716	0.159	1.697	4.052
Mercury^	mg/l	0.00005	0.0000342	0.00063	0.00091	0.00073	0.00104	0.00118	0.00164	0.00219
Manganese	mg/l	0.7	0.281	0.103	0.0731	0.0813	0.876	0.879	0.885	0.896
Molybdenum	mg/l	1	0.000489	0.0126	0.0177	0.0145	0.0631	0.0631	0.0638	0.0646
Nickel	mg/l	0.02	0.0133	0.0526	0.0927	0.0781	0.0496	0.0599	0.0986	0.147
Lead	mg/l	0.0072	0.00115	0.00063	0.00144	0.00116	0.0000442	0.000242	0.000864	0.0011
Uranium	mg/l	0.015	0.00125	0.0219	0.0257	0.0211	0.965	0.964	0.964	0.965
Zinc	mg/l	0.03	0.00897	0.0528	0.0383	0.033	0.557	0.572	0.588	0.603
Other Parameters										
Phosphate	mg/l	0.017	0.0263	0.0332	0.0201	0.0169	0.836	0.874	1.197	2.889
Calcium	mg/l	8.9	29.2	25.8	25.3	22	340	340	341	343
Potassium	mg/l	1.9	2.85	30.5	47.7	38.8	140	140	139	139
Magnesium	mg/l	2.4	12.3	9.16	12.9	10.7	42.9	43	43	43.2
Sodium	mg/l	3.4	4.43	27.1	43.9	36.3	30.7	30.8	30.8	30.7
Silicon	mg/l	10	3.72	0.216	0.135	0.112	3.56	3.56	3.56	3.55
Barium	mg/l	0.015	0.0151	0.00423	0.00254	0.0021	0.0118	0.0117	0.0115	0.0114
Strontium	mg/l	0.043	0.0416	0.00688	0.00431	0.00349	1.054	1.051	1.051	1.053
Antimony	mg/l	0.00015	0.000891	0.00244	0.00385	0.0031	1.61E-06	1.61E-06	1.61E-06	0.0000016
Additional Parameters										
Alkalinity	mg/L as HCO ₃		45.87	23.4	22.8	23.3	12.6	10.4	5.54	2.99
Fluoride	mg/l			0.00177	0.00111	0.00088	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285
Silver	mg/l			2.00E-08	1.25E-08	9.92E-09	3.22E-07	3.21E-07	3.21E-07	3.21E-07
Selenium	mg/l			5.72E-07	3.58E-07	2.84E-07	7.17E-06	7.34E-06	8.45E-06	9.14E-06
Thorium	mg/l						5.54E-05	5.54E-05	5.54E-05	5.54E-05
Thallium	mg/l			1.13E-07	7.05E-08	5.60E-08	1.81E-06	1.81E-06	1.81E-06	1.81E-06

* Ag, Se, Th, Tl concentrations based on limited loadings from historic trial pits only

^ Cd and Hg concentrations elevation partially due to detection limits in groundwater constituent

Taulukko 9-55: Pohjoisaltaan ennakoitu keskimääräinen vedenlaatu talviolosuhteiden aikana

Parameter	Unit	North Pond - Winter Conditions							
		Current Mean	Operational Mining			Post Closure			
			Year 5	Year 10	18 Years	No High S	10%High S	50% High S	100% High S
Key Parameters									
pH	S.U.	6.89	7.16	7.11	7.68	7.11	7.07	6.99	6.88
Nitrate	mg/l	1.181	5.09	1.91	8.37	0.203	0.203	0.203	0.203
Chloride	mg/l	4.44	1.82	1.82	1.08	1.17	1.18	1.17	1.17
Sulphate	mg/l	131	50.1	47.2	160	271	272	278	286
Iron	mg/l	0.616	0.00167	0.00191	0.000496	0.00218	0.00243	0.00309	0.00465
Aluminium	mg/l	0.0257	0.0023	0.00236	0.00228	0.00242	0.00247	0.00259	0.00284
Arsenic	mg/l	0.000889	0.0000488	0.0000733	7.49E-05	0.0000335	0.0000127	0.000011	0.0000141
Cadmium^	mg/l	0.00029	0.0000151	0.0000129	2.77E-05	0.000675	0.000759	0.00103	0.00137
Cobalt	mg/l	0.0111	0.00576	0.00296	0.00434	0.00645	0.0131	0.0394	0.0722
Chromium	mg/l	0.000941	3.13E-06	7.18E-06	1.41E-05	2.82E-07	2.09E-06	1.59E-06	0.00000168
Copper	mg/l	0.00519	0.0187	0.0204	0.0117	0.00064	0.027	0.0336	0.0492
Mercury^	mg/l	0.0000451	3.21E-06	1.07E-06	1.84E-05	0.000688	0.000756	0.00103	0.00137
Manganese	mg/l	1.003	0.196	0.195	0.151	0.401	0.404	0.408	0.414
Molybdenum	mg/l	0.0000516	0.00117	0.000784	0.0332	0.0398	0.0395	0.0393	0.0393
Nickel	mg/l	0.00963	0.00728	0.0046	0.0103	0.0132	0.0197	0.0437	0.0738
Lead	mg/l	0.00128	0.000145	0.000278	0.000255	0.00000897	0.0000566	0.00004	0.0000385
Uranium	mg/l	0.000176	0.000196	0.000175	0.00916	0.606	0.605	0.605	0.605
Zinc	mg/l	0.0137	0.00791	0.00713	0.0089	0.0157	0.0192	0.0263	0.0355
Other Parameters									
Phosphate	mg/l	0.0278	0.271	0.29	0.378	0.255	0.327	0.436	0.51
Calcium	mg/l	35.9	17.5	17.2	29.4	206	206	206	206
Potassium	mg/l	4.33	2.82	2.52	19.2	87.6	87.6	87.6	87.4
Magnesium	mg/l	15.9	6.03	5.95	10.3	25	25	25	25.2
Sodium	mg/l	6.82	10	9.79	25.7	21	21	20.9	20.9
Silicon	mg/l	2.28	4.52	4.52	2.67	2.9	2.89	2.89	2.9
Barium	mg/l	0.015	0.0352	0.0349	0.0369	0.00942	0.00937	0.00915	0.00889
Strontium	mg/l	0.0847	0.0832	0.0832	0.0492	0.645	0.645	0.645	0.644
Antimony	mg/l	0.000873	0.0000321	0.0000107	0.00113				
Additional Parameters									
Alkalinity	mg/L as HCO ₃	20.92	49	43.5	168	47.3	43.4	36.5	28.2

^ Cd and Hg concentrations elevation partially due to detection limits in groundwater constituent

Taulukko 9-56: Pohjoisaltaan ennakoitu keskimääräinen vedenlaatu kesäolosuhteiden aikana

Parameter	Unit	North Pond - Summer Conditions							
		Current Mean	Operational Mining			Post Closure			
			Year 5	Year 10	18 Years	No High S	10%High S	50% High S	100% High S
Key Parameters									
pH	S.U.	6.89	7.27	7.25	7.67	7.4	7.39	7.35	7.29
Nitrate	mg/l	1.181	3.813	1.544	6.696	0.369	0.369	0.369	0.368
Chloride	mg/l	4.44	9.76	9.76	6.39	8.82	8.8	8.8	8.8
Sulphate	mg/l	131	47.4	45.3	134	281	282	289	297
Iron	mg/l	0.616	0.000888	0.000949	0.000361	0.000225	0.00023	0.000254	0.00029
Aluminium	mg/l	0.0257	0.00158	0.00158	0.00186	0.00172	0.00169	0.00156	0.0014
Arsenic	mg/l	0.000889	0.0000832	0.000127	8.32E-05	0.0000121	0.0000031	2.23E-06	0.00000189
Cadmium^	mg/l	0.00029	0.0000182	0.0000166	2.66E-05	0.000666	0.00076	0.00102	0.00135
Cobalt	mg/l	0.0111	0.00487	0.00288	0.00392	0.00706	0.0137	0.0398	0.0723
Chromium	mg/l	0.000941	6.92E-06	0.00000733	1.62E-05	3.77E-06	0.0000215	0.000014	0.0000112
Copper	mg/l	0.00519	0.0187	0.0105	0.014	0.000787	0.0343	0.0362	0.0397
Mercury^	mg/l	0.0000451	2.29E-06	7.62E-07	1.45E-05	0.000688	0.000756	0.00103	0.00137
Manganese	mg/l	1.003	0.233	0.232	0.18	0.482	0.487	0.491	0.496
Molybdenum	mg/l	0.0000516	0.00124	0.000959	0.0265	0.0402	0.0397	0.0393	0.0388
Nickel	mg/l	0.00963	0.00698	0.00509	0.00933	0.0143	0.021	0.0444	0.0733
Lead	mg/l	0.00128	0.000211	0.000215	0.000292	0.0000165	0.0000821	0.0000503	0.000037
Uranium	mg/l	0.000176	0.000237	0.000221	0.00731	0.606	0.605	0.605	0.605
Zinc	mg/l	0.0137	0.00975	0.00916	0.00955	0.017	0.0219	0.028	0.0357
Other Parameters									
Phosphate	mg/l	0.0278	0.403	0.418	0.439	0.00567	0.00604	0.00829	0.0145
Calcium	mg/l	35.9	18.8	18.6	27.3	211	211	211	211
Potassium	mg/l	4.33	3.66	3.46	16.3	89	89.1	89.1	88.9
Magnesium	mg/l	15.9	6.93	6.85	9.87	27.3	27.5	27.5	27.5
Sodium	mg/l	6.82	17	16.8	26.7	29.8	29.9	29.9	29.8
Silicon	mg/l	2.28	6.03	6.03	3.96	5.45	5.45	5.45	5.44
Barium	mg/l	0.015	0.0405	0.0405	0.0394	0.0158	0.0158	0.0154	0.015
Strontium	mg/l	0.0847	0.0894	0.0894	0.0584	0.671	0.671	0.671	0.671
Antimony	mg/l	0.000873	0.0000229	0.00000762	0.000895				
Additional Parameters									
Alkalinity	mg/L as HCO ₃	20.92	60.7	56.7	156	76.9	75	68.3	59.2

[^] Cd and Hg concentrations elevation partially due to detection limits in groundwater constituent

9.9 Suoalueet ja lähteet

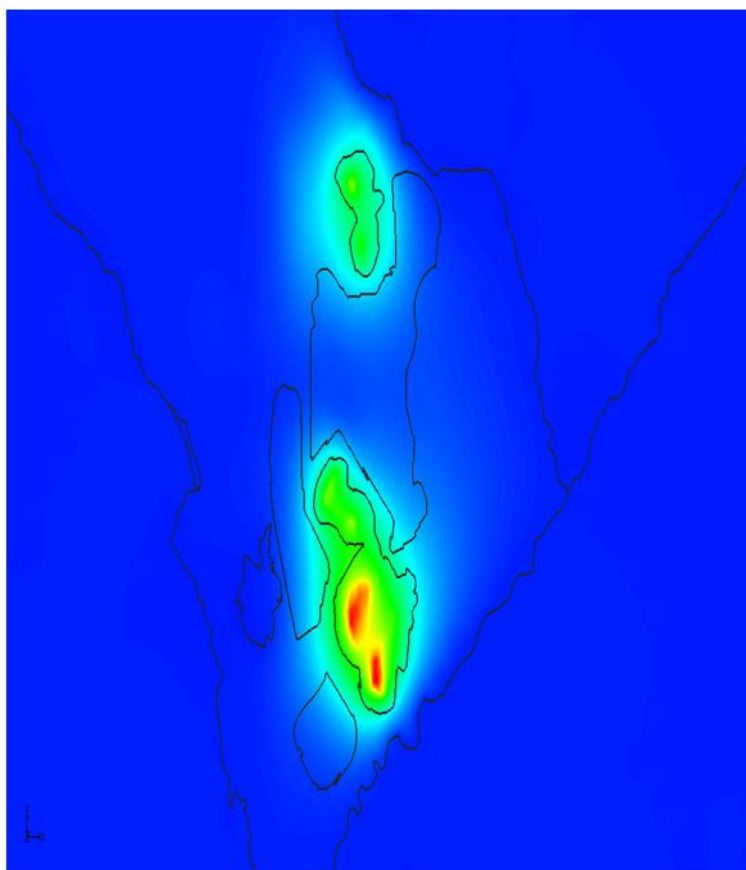
Vaikutusten pääläähde suoalueille ja lähteille on pohjaveden pinnankorkeuden laskeminen kaivoksen tyhjentämisen ja tällaisten piirteiden hautautuminen hankkeen infrastruktuurin alle.

9.9.1 Louhosten tyhjentämisen laajuus

Kuva 9-11 esittää numeerisella pohjavesimallinnuksella ennakoidun pinnan alenemisen louhosten ympärillä kaivoksen elinaikana. Louhosten vaikutus on selvästi nähtävillä. Alenemakartio on suhteellisen syvä; yksittäiset pumppauskuopat syvänteissään voidaan tunnistaa osoittaen, että pohjaveden pinta seuraa läheisesti louhoksen korkeuskäyriä.

Pinnan alenemisen raja on määritelty pisteeksi, jonka jälkeen pinnanaleneminen on pienempi tai yhtäsuuri kuin Hannukaisessa havaittu minimaalinen kausittainen vaihtelu. Vaiheen 1 aikana tämä määriteltiin 0,33 metriksi (mitattu SP-314:sta). Lisää tietoa on kuitenkin saatavilla tähän Vaiheen 2 tutkimukseen ja on havainnoitu, että 75 %:lla kairausrei'istä, joissa useita pohjaveden korkeuden tuloksia on saatavilla, kausittainen vaihtelu on alle 2 metriä (kappale 6.4) Tämän takia pinnanalenemisen raja on säädetty 0,33 metristä 2 metriin heijastamaan saatavilla olevia uusia tuloksia.

Kaivoksen elinajan alenemakartion maksimi etäisyys louhoksen reunalta on noin 2.000 metriä Hannukaisessa ja 1.600 metriä Kuervitikossa.

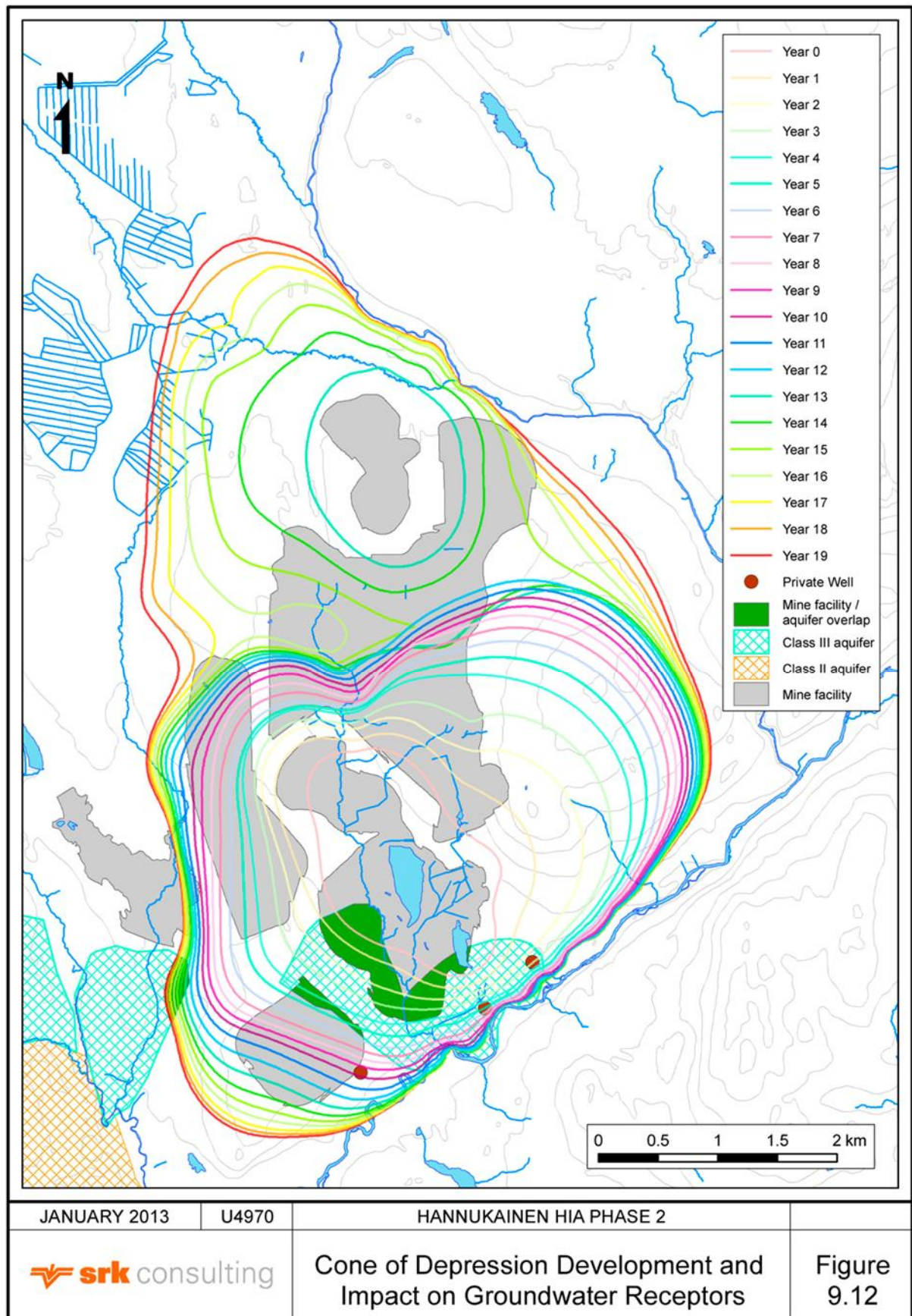


Kuva 9-11: Ennakoitu pinnanalentuminen Hannukaisen ja Kuervitikon louhosten ympärillä kaivoksen elinaikana

Kuva 9-12 näyttää alenemakartion vuotuisen etenemisen Hannukaisen hankealueella vasteena kaivostoimintoihin ja osoittaa että:

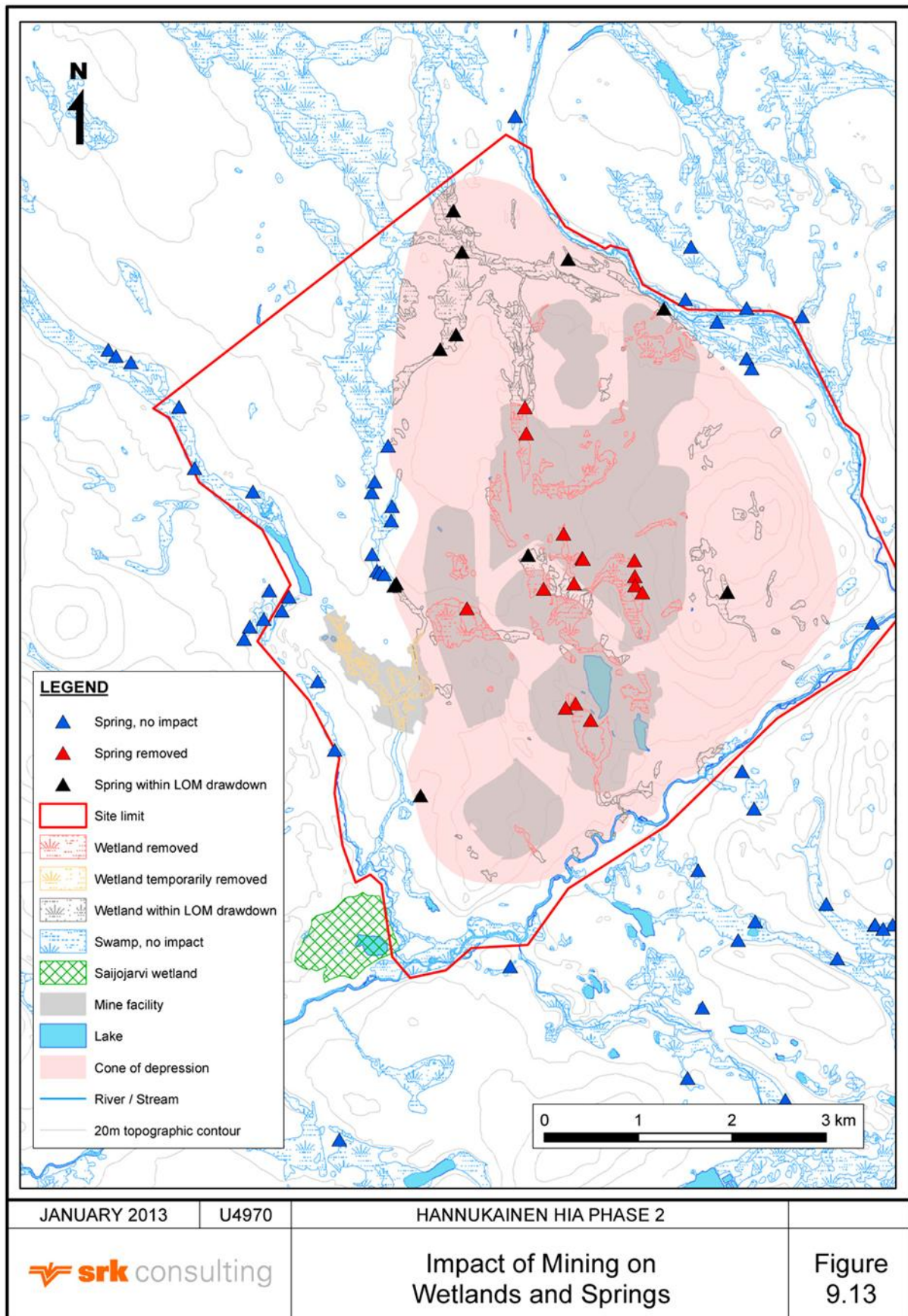
- Alenemakartio on ilmeinen 0 vuodesta eteenpäin (eli irtomaan poiston toisena vuotena). Pinnanaleneminen Hannukaisen louhoksen ympärillä etenee itään, länteen ja pohjoiseen tuotantovaiheen aikana yhdistyen lopulta Kuervitikon aikaansaaman alenemakartion kanssa vuonna 15. Hannukaisen alenemakartio rajoittuu etelässä Äkäsjokeen; ja
- Pinnanaleneminen Kuervitikon louhoksella alkaa vuonna 13, kun louhos otetaan käyttöön. Kuervitikon alenemakartio laajenee pohjoiseen ja lounaaseen kaivoksen elinkaaren aikana. Kuerjoki rajoittaa sen koillisessa.

Kuva 9-12: Alenemakartion kehittyminen ja vaikutus pohjaveden vaikutuskohteisiin

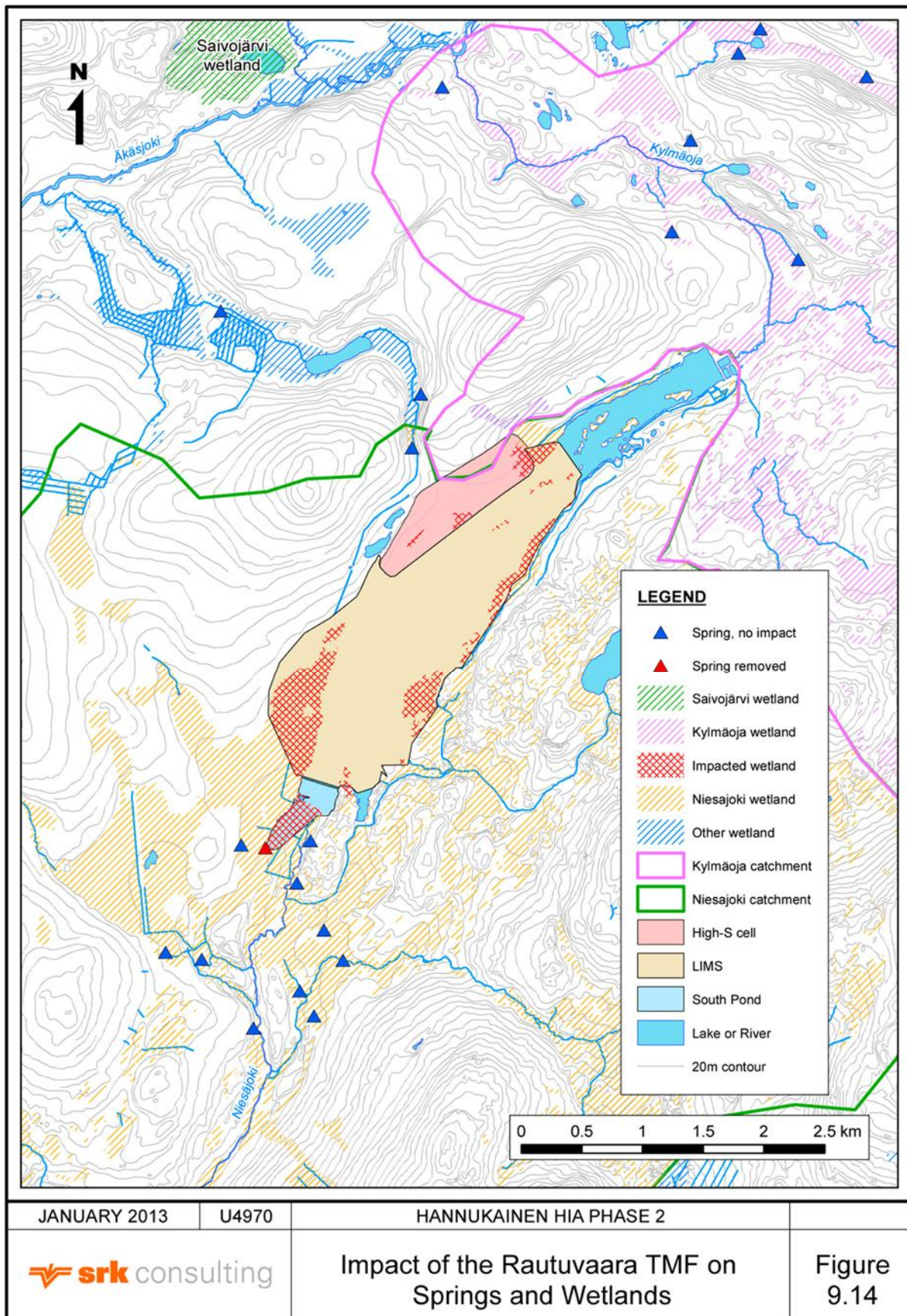


P:\U4518 Hannukainen HIA\Project\CAD\Drawdown progression_PH2.mxd

Kuva 9-13: Louhinnan vaikutus suoalueisiin ja lähteisiin



Kuva 9-14: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan vaikutus suoalueisiin ja lähteisiin



9.9.2 Lähteet

Louhinnan vaikutus lähteisiin näytetään kuvassa 9-13 ja kuvassa 9-14 tässä järjestyksessä, ja yhteenvedetään taulukossa 9-57.

Taulukko 9-57: Ennakoitu vaikutus Hannukaisen lähteisiin kaivoksen elinaikana

Lähteen kuvaus	Lähteiden määrä
Rambollin tiedoissa tunnistettuja	106
Hannukaisen kaivoshankealueella (määritelty kuvassa Virhe: Viitteen lähdettä ei löydy)	63
Kaivoksen elinaikaisella pinnanalentumisalueella	27
Vaikuttuneita ainoastaan kaivoksen elinaikaisesta pinnan alenemisesta	11
Kaivoksen elinaikaisessa pinnanalenemisessä ja louhoksen jalanjäljessä.	12
Kaivoksen elinaikaisessa pinnanalenemisessä ja 20 m sisällä WRD:stä	4
Kaivoksen elinaikaisen rikastushiekka-altaan alla	1

Toiminnallinen louhinta: Kaivosten tyhjentäminen

Hannukaisen alueella tunnistettujen lähteiden määrä on 63 (M. Heikkinen (Ramboll), henk. Koht. kommentti), joista 27 sijaitsee kaivoksen elinaikaisen alenemakartion alueella. Näistä 27 lähteestä 16 poistuu lopullisesti kaivoksen rakenteiden takia (sivukivien läjitysalueet, louhokset)

Numeerinen pohjavesimallinnus osoittaa, että pohjavesi jatkaa jokiin pääsyä perusvirtaamana ja siten nämä lähteet eivät ole vaikuttuneita toiminnallisen louhinnan aikaisesta louhosten tyhjentämisestä. On olemassa teoria (Prof. Salonen, Helsingin yliopisto, henk.koht. kommentti), että nämä lähteet saattavat olla kalojen kutualueita ja sen takia on mahdollisesti erittäin tärkeää, etteivät nämä jokien lähteet vaikuta kaivostoiminnoista.

Näiden lähteiden menetyksen vaikutus jokien virtaamiin on sisällytetty pintavesien valuma-alueiden mallinnukseen Äkäsjoen ja sivujokien pintavesivalumien muutosten arvioinnin aikana luonnolisten ojajärjestelmien muutosten vuoksi kaivoksen jalanjäljen seurauksena (selvitetty kappaleessa 8.1.2). Vaikka lähteiden hydrologisia vaikutuksia on arvioitu, on ylimääräisiä piirteitä, joita ei ole arvioitu tässä HIA:ssa, lähteet voivat esimerkiksi tuottaa lämpötilavaikutuksia kutevalle mädille (lämpimämpi) tai voivat tuottaa ravinteita tai happea. Mahdollisten vaikutusten arviointi jokien ekologiaan ei ollut tämän tutkimuksen laajuudessa; pääasiallinen vaikutuskohde tälle arvioinnille on pintavesiympäristö. Minkä tahansa muutoksen merkittävyyttä jokiveden määrään tai laatuun jokien ekologiassa, käsitellään ESIA tutkimuksessa.

Toiminnallinen louhinta: Rikastushiekka-aitaiden laajentaminen

Eteläaltaan laajennus saa aikana yhden maanalaisen lähteen menetyksen. On olemassa mahdollisuus toisen lähteen vaikuttumiseen, joka sijaitsee noin 110 metrin päässä ehdotetusta altaasta.

9.9.3 Luokittelemattomat suoalueet

Taulukot 9-13, 9-14 ja 9-58 yhteenvedää mahdollisen vaikutuksen luokittelemattomille suoalueille läpi hankealueen.

Taulukko 9-50: Ennakoitu vaikutus suoalueille kaivoksen elinaikana

Alue	Pinta-ala (m ²)	Pinta-ala (% kokonaisalasta)	Pinta-ala (% soista)
Hannukaisen hankealueen pinta-ala	40.045.430		
Suoalueiden kokonaismäärä Hannukaisen hankealueella	6.430.690	16	
Kaivoksen elinaikaisen pinnanalenemisen vaikuttamat suoalueet	3.233.480		50
Suoalueet alla:			
- WRD	1.002.920		16
- Louhokset	397.900		6
- Selkeytysallas	277.340		4
Niesajoen altaan pinta-ala	69.738.400		
Suoalueiden kokonaispinta-ala Niesan altaassa	16.679.810	24	
Kaivoksen elinaikaisen rikastushiekka-altaan vaikuttamat suoalueet	658.790		10
Kylmäojan valuma-alueen pinta-ala	38.631.720		
Suoalueiden kokonaispinta-ala Kylmäojan valuma-alueella	16.679.810	43	100
Kaivoksen elinaikaisten rikastushiekka-aitaiden vaikuttamat suoalueet	0		0

Toiminnallinen louhinta: Louhosten tyhjentäminen ja kaivoksen infrastruktuuri

Hannukaisen alueella (näytetään punaisella kuvassa 9-13) arviolta 50 % suoalueista sijaitsee kaivoksen elinaikaisella alenemakartion alueella, ennakoitu numeerisella pohjaveden mallinnuksella, ja tulee siten vaikuttamaan kaivoksen tyhjentämisestä. Koska pinnanalenus vähenee etäisyyden kasvaessa kaivokselta, seuraa siitä, että vaikutukseen laajuus vähenee kauempana kaivoksesta. Alenemakartio louhosten ympärillä on syvä (kuva 9-11) ja vain noin 600 metrin sisällä sijaitsevat suoalueet kokevat yli kymmenen metrin pinnanalenuksen kaivoksen elinaikana.

Kaivoksen elinaikana 16 % suoalueista peittyy sivukivien läjitysalueilla ja 6 % poistetaan louhosten takia (taulukko 9-58). Tämä suoalue ei palaudu. Voidaan nähdä että 4 % peittyy väliaikaisesti toiminnallisen louhinnan aikana selkeytysaltaan alle. Suljettaessa tämä laitos poistetaan ja suoalueiden odotetaan palautuvan takaisin luonnolliseen tilaansa.

Toiminnallinen louhinta: Rikastushiekka-aitaiden laajentaminen

Tällä hetkellä kosteikoita on altaasta alavirtaan eteläaltaan eteläpuolella. Suuri osa tästä alueesta hautautuu ehdotetun eteläaltaan alle uudessa rakentamisessa (kuva 9-14).

On arvioitu, että rikastushiekka-altaan laajentaminen saa aikaan noin 0.7 km² suoalueiden menettämisen, mikä vastaa 4 % kartoitetuista suoalueista Niesajoen valuma-alueella. Kylmäojan valuma-alueen suoalueelle ei tule menetyksiä.

Virtaaman muutokset Niesajoessa uuden alueen alajuoksulla voi myös vaikuttaa suoalueisiin.

9.9.4 Saivojärven kosteikko

Saivojärven kosteikko sijaitsee Äkäsojen ja Valkeajoen yhtymäkohdasta hieman länteen.

Kosteikon alueelta ei ole pohjavesiä tutkivaa tietoa, on kuitenkin odotettavissa, että muutokset

jokien vedenkorkeuksissa vaikuttaisivat kosteikko alueen vedentasoihin. Arviointi Hannukaisen kaivoshankealueen rakentamisen vaikutuksista Äkäsjoen ja Valkeajoen vedentasoihin tehtiin kappaleessa 9.1 ja kappaleessa 9.3 tässä järjestyksessä.

Tulokset osoittavat minimaalisia muutoksia vedentasoihin kahdessa joessa, mikä viittaa merkityksettömiin vaikutuksiin Saivojärven kosteikkoon. On kuitenkin huomioitu, että on olemassa hyvin rajoittuneet tiedot alueesta tällä hetkellä ja jos se arvioidaan ekosysteemin arvokkaaksi osaksi, seuranta rakentamisen ja toimintojen aikana tarvitaan.

Valumat hankealueelta eivät voi suoraan vaikuttaa Saivojärven kosteikkoon.

Kuva 9-12 esittää, että kaivoksen elinäkainen alenemakartio ei ulotu Valkeajokeen tai Äkäsjokeen Saivojärven kosteikon alueella, joten alueeseen ei ole ennakoitu vaikutusta kaivokseen liittyvästä pinnan alennuksesta.

9.10 Luokitellut akviferit

Toiminnallinen louhinta: pinnanalennuksen vaikutus pohjavesiesiintymiin

Kuva 9-12 näyttää luokan II ja luokan III pohjavesiesiintymien jalanjäljen Hannukaisen hankealueen läheisyydessä. Kaksi Hannukaisen louhoksen lähellä sijaitsevaa luokan III pohjavesiesiintymää ovat vaikuttuneet pinnanalennuksesta läpi kaivoksen elinajan. Alkaen tuotannon vuodesta 5 pinnanalennussuppilo laajentuu läpi koko pohjavesiesiintymien jalanjäljen. Vuonna 12 alenemakartio tunkeutuu luokan III pohjavesiesiintymään, joka sijaitsee kaivoksesta länteen vaikuttaen noin 8 %:iin pohjavesiesiintymästä kaivoksen elinäkänä.

Kuvassa 9-12 voidaan nähdä, että alenemakartio kattaa Hannukaisen louhoksen läheisyydessä sijaitsevat yksityiset kaivot. Pinnanalennus kaivoissa vaihtelee 13,3 metristä 16,8 metriin kaivoksen elinäkänä. Koska nämä kaivot tulevat kuitenkin olemaan Northlandin omaisuutta (M. Smith, Northland, henk. koht kommentti), eikä niitä käytetä vedenottoon, eivätkä ne ole herkkiä vaikutuskohteita.

Toiminnallinen louhinta: sivukivien läjitysalueiden ja louhosten vaikutus pohjavedenlaatuun

Läntinen luokan III pohjavesiesiintymän vedenlaatu kokee vaikutuksen selkeytysaltaan suotamisesta. Pohjavesiesiintymän vedenlaatuennusteet on yhteenvedetty taulukossa 9-59.

Taulukko 9-59 juomaveden laadun rajoitukset voivat mahdollisesti ylittyä sulfaatin, kadmiumin ja nikkelin osalta muuttaen sen ihmiskäyttöön kelpaamattomaksi ilman aiempaa käsittelyä elementtien pitoisuuksien vähentämiseksi. Voidaan olettaa, että vedenlaatu läntisessä pohjavesiesiintymässä parantuu etäisyyden kasvaessa selkeytysaltaalta. Tämä johtuu kontaminaatiolähteiden leviämisestä ja laimentumisesta kontaminoimattomaan lisäveteen. Vedenlaadun vaikutusta läntiseen luokan III pohjavesiesiintymään voidaan pienentää vähentämällä suotoveden häviötä selkeytysaltaalta läpäisemättömän eristeen asentamisella.

Itäinen luokan III pohjavesiesiintymä ja yksityiset kaivot eivät tule kokemaan negatiivisia vaikutuksia vedenlaatuun kaivoksen elinäkänä, koska pohjavesi virtaama on suurelta osin pohjavesiesiintymältä Hannukaisen louhoksille.

Taulukko 9-51: Ennakoidut pitoisuudet läntisessä luokan III pohjavesiesiintymässä verrattuna juomaveden ohjearvoihin

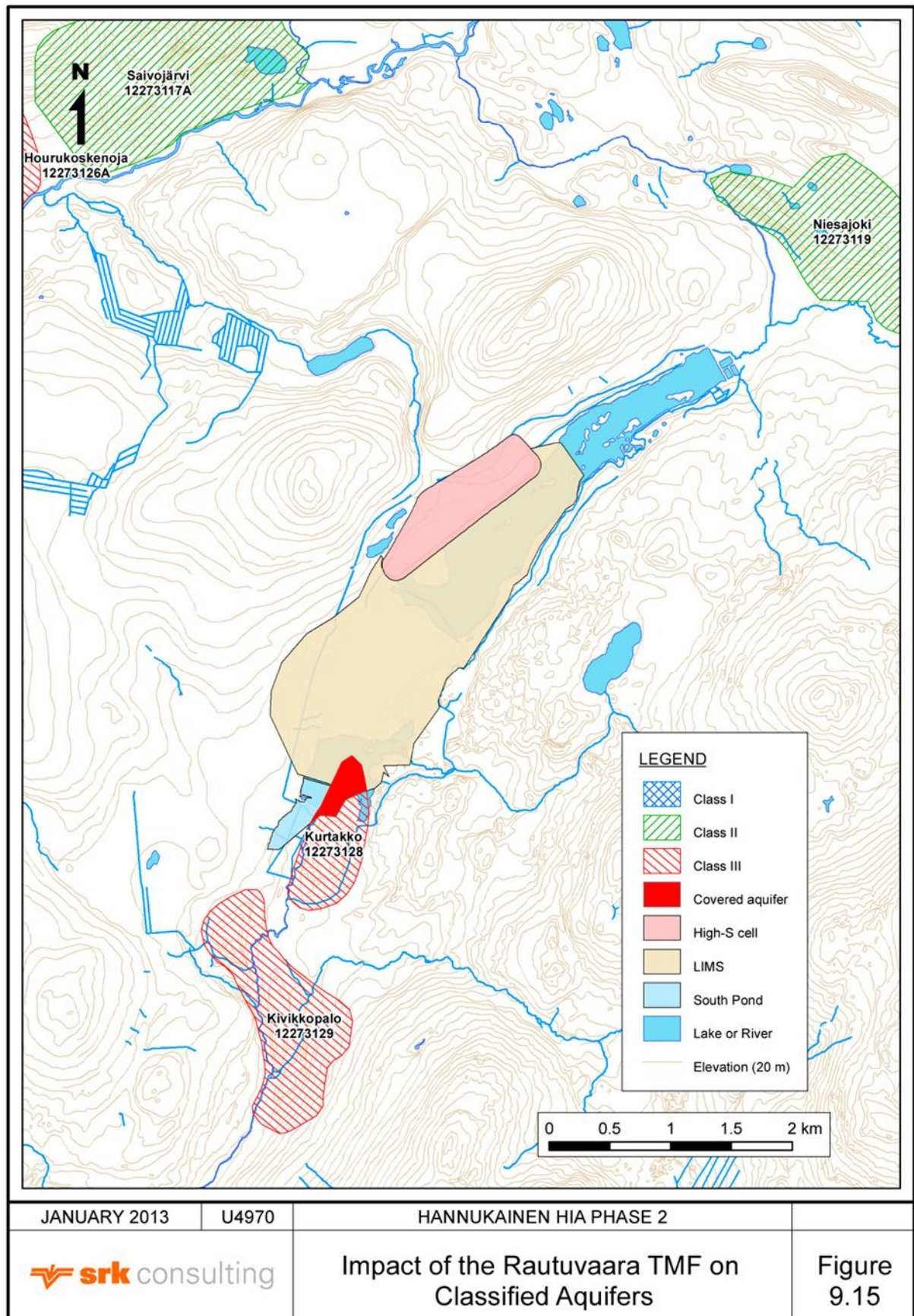
		Drinking Water Guidelines			West Class III Aquifer
		Limits from STM 401/2001	Recommended limits from STM 401/2001	WHO (2011)	
NO3	µg/l	50		50	43.6
SO4	mg/l		250		329
Ca	mg/l				27.5
Fe	mg/l		0.2		0.0654
K	mg/l				25
Mg	mg/l				8.51
Na	mg/l				25.5
Al	mg/l		200		0.0336
As	µg/l	10		10	1.45
Cd^	µg/l	5		3	3.41
Co	µg/l				56.8
Cr	µg/l	50		50	18.3
Cu	µg/l	2000		2000	247
Hg^	µg/l			6	0.682
Mn	µg/l		50		190
Mo	µg/l				8.21
Ni	µg/l	20		70	86
Pb	µg/l	10		10	0.918
Sb	µg/l			20	2.27
U	µg/l	100		30	17.9
Zn	µg/l				30.7
		Exceeds drinking water limits from STM 401/2001			
		Exceeds recommended drinking water limits from STM 401/2001			
		Exceeds WHO (2011) drinking water guidelines			
0.001		Equilibrated value equivalent to unequilibrated value as not included in the equilibrated model			
^		Cd and Hg concentrations elevation partially due to detection limits in testwork			

Toiminnallinen louhinta: Rikastushiekka-altaan laajentamisen vaikutus pohjavedenlaatuun

Kuva 8-4 näyttää luokan II ja luokan III pohjavesiesiintymien jalanjäljen ehdotetun rikastushiekka-altaan läheisyydessä. Voidaan nähdä, että luokan III pohjavesiesiintymä, minkä nykyinen eteläallas osittain (16 %) peittää, tulee myös osittain (20 %) peittymään ehdotetun altaan laajennuksen alle. On todennäköistä, että tämä luokan III pohjavesiesiintymä vedenlaatu tulee kokemaan vaikutuksen selkeytysaltaan suotamisesta ja mahdollisen vaikutuksen määrittämiseksi tulee olettaa, että liuenneet pitoisuudet luokan III pohjavesiesiintymässä ovat yhtenevät yläpuolella olevan eteläaltaan (että järjestelmä on hydraulisessa jatkumossa) kanssa. Ennakoidut pitoisuudet näytetään alla taulukossa 9-60.

Ennakoitu vedenlaatu pohjavesiesiintymässä on arvioitu Suomen SMR 401/2001 juomaveden raja-arvoja vastaan. Juomavesien raja-arvojen ylityksiä ennakoidaan sulfaatille, mangaanille ja nikkelille kaivoksen elinaikana sekä pH:lle, sulfaatille, mangaanille, ja nikkelille sulkemisen jälkeen. Ylityksiä uraanille on myös ennakoitu sulkemisen jälkeisille olosuhteille ja raudalle ja kuparille 100 % kuormituksen vapautumisen tapauksessa korkearikkiseltä rikastushiekka-altaalta. Tämä luultavasti muuttaa pohjavesiesiintymän käyttökeltvottomaksi ilman etukäteiskäsittelyä. On ennakoitu, ettei muille tunnistetuille ja luokitelluille pohjavesiesiintymille tule merkittäviä vaikutuksia ehdotetun rikastushiekka-altaan läheisyydessä.

Kuva 9-12: Rautuvaaran rikastushiekka-altaan vaikutus luokitelluille pohjavesiesiintymille



P:\U4784 Rautuvaara HIA\ProjectData\GIS\0. mxd\Figures for reports\Phase 5 FINAL report\Figure 9-15 Classified Aquifers Impact_Ph2_HIA.mxd

Taulukko 9-52: Ennakoidut pitoisuudet luokan III pohjavesiesiintymässä olettaen vedenlaadun samanlaiseksi rikastushiekka-altaan eteläaltaan suotoveden kanssa

		Drinking Water Guidelines			EOML	Post Closure			
		Limits from STM 401/2001	Recommended limits from STM 401/2001	WHO (2011)		No High S	10% High S Load	50% High S Load	100% High S load
pH	S.U.	6.5-9.5			7.36	6.38	6.34	5.98	5.46
Alkalinity	mg/L as HCO ₃				79.4	9.19	8.54	4.11	1.41
Nitrate	µg/l	50,000		50,000	28630	138	138	138	137
Phosphate	µg/l				39.8	1000	1036	2347	4439
Chloride	mg/l		100		0.273	3.23	3.23	3.22	3.22
Fluoride	mg/l	1.5		1.5	0.0023	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285
Sulfate	mg/l		250		292	475	476	486	498
Calcium	mg/l				114	336	336	338	340
Iron	mg/l		0.2		0.000761	0.00752	0.00815	0.023	0.251
Potassium	mg/l				26.8	139	139	138	138
Magnesium	mg/l				8.86	41.8	41.8	41.8	42
Sodium	mg/l				26.2	29.7	29.7	29.7	29.7
Silicon	mg/l				0.248	3	3	3	3
Silver	µg/l				0.0000259	0.000322	0.000321	0.000321	0.000321
Aluminium	µg/l		200		1.62	3.71	3.67	3.94	12.5
Arsenic	µg/l	10		10	0.0933	1.38	0.996	4.45	5.86
Barium	µg/l			700	5.05	7.94	7.94	7.8	7.65
Cadmium^	µg/l	5		3	2.8	1.12	1.23	1.66	2.21
Cobalt	µg/l				37.2	26.4	37	79	132
Chromium	µg/l	50		50	12.1	0.00295	0.0183	0.0931	0.183
Copper	µg/l	2000		2000	19.4	12.7	212	1906	4648
Mercury^	µg/l			6	0.398	1.09	1.2	1.64	2.19
Manganese	µg/l		50		155	836	841	846	855
Molybdenum	µg/l				11.4	63.4	63.4	64.1	64.5
Nickel	µg/l	20		70	64.4	46.4	56.2	95.1	144
Lead	µg/l	10		10	0.585	0.0626	0.303	0.893	1.15
Antimony	µg/l			20	1.81	0.00161	0.00161	0.00161	0.0016
Selenium	µg/l			40	0.000734	0.00829	0.00821	0.00908	0.00928
Strontium	µg/l				7.8	1037	1034	1034	1037
Thorium	µg/l				0.00446	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554
Uranium	µg/l	100		30	15	965	964	964	965
Zinc	µg/l				65	564	573	587	602
Exceeds drinking water limits from STM401/2001									
Exceeds recommended drinking water limits from STM401/2001									
Exceeds WHO (2011) drinking water guidelines									
^ Cd and Hg concentrations elevation partially due to detection limits in groundwater constituent									

Sulkemisen jälkeinen: Pysyvän kaivosinfrastruktuurin vaikutus

Kaivostoiminnan lopettamisen aikana pohjaveden korkeudet palautuvat kahdessa itäisessä luokan III pohjavesiesiintymässä, Hannukaisen louhos tulee kuitenkin poistamaan noin 60 % pohjavesiesiintymien kokonaisjalanjäljen alueesta. Lisäksi 7 % pohjavesiesiintymän jalanjäljestä tulee peittymään sivukivien läjitysalueen irtomaan alle.

Ensimmäisen vaiheen aikana luokan III pohjavesiesiintymä löydettiin alamäkeen sivukivien läjitysalueelta. Sivukivien läjitysalueet on siirretty toisessa vaiheessa siten, että pohjavesiesiintymä ei enää vastaanota suotovettä miltään sivukivien läjitysalueelta.

On ennakoitu, että Hannukaisen louhos muodostaa sulkemisen jälkeen läpivirtaavan louhosjärven. Tämä tarkoittaa, että vakaiden olosuhteiden aikana, kun veden taso on täysin palautunut, vedellä louhosjärvistä on mahdollista kulkeutua alaspäin pohjavetenä (eli pohjavesiesiintymän luonnollisen hydraulisen nousun täytyy uudelleen muodostaa itsensä).

Koska louhosjärvi sijaitsee kahdelta itäiseltä luokan III pohjavesiesiintymältä yläjuoksuun, on pohjavesiesiintymien vedenlaadulla mahdollisuus saavuttaa samanlainen vedenlaatu kuin Hannukaisen louhoksen vedenlaatu louhosjärvien täyttymisen jälkeen. Tämän perusteella louhosjärven vedenlaadun käyttö on oikeutettua pohjavedenlaadun arvioinnissa huonoimman mahdollisuuden skenaariolle.

Itäinen luokan III pohjavesiesiintymä: Ei lieventämistä

Ennakoitu vedenlaatu itäisessä luokan III pohjavesiesiintymässä näytetään taulukossa 9-61. Vedenlaatu pohjavesiesiintymissä on ennakoitu Hannukaisen louhosjärven ensimmäisen vuodon ajalle ja näyttää ylityksiä Suomen juomavesien ohjearvoista raudan, alumiinin, mangaanin ja nikkelin osalta. Pohjavesiesiintymän vedenlaadun ennakoitaan huononevan, kun viereinen louhosjärvi saavuttaa vakaan tilan olosuhteet ylimääraisillä sulfaatin, kromin, kadmiumin, kuparin, nikkelin, lyijyn, uraanin, antimonin, fluoridin ja seleenin ylityksillä.

Itäinen luokan III pohjavesiesiintymä: Lievennetty

Kalkkikiven lisäyksen mahdollisesti happoatuottavaan läjitysalueeseen on todettu parantavan vedenlaatua pohjavesiesiintymässä, mutta sen ei ennakoita täysin lieventävän vedenlaatua sulfaatin, raudan, kromin, nikkelin ja uraanin osalta, ja niiden ennakoitaan vielä ylittävän oleelliset vedenlaadun ohjearvot.

Perustuen ennakoituun vedenlaatuun itäisessä luokan III pohjavesiesiintymässä, pohjavesiesiintymästä pohjaveden palautumisen jälkeen otettu vesi ei ole kotikäyttöön sopivaa ilman esikäsittelyä.

Taulukko 9-53: Ennakoitu vedenlaatu itäisessä luokan III pohjavesiesiintymässä

Parameter	Unit	Drinking Water Guidelines			First Spill			Steady State		
		Limits from STM 401/2001	Recommended limits from STM 401/2001	WHO (2011)	HCT	NAG	NAG - CaCO ₃ added to WRD	HCT	NAG	NAG - CaCO ₃ added to WRD
Nitrate	mg/L	50		50	0.487	0.488	0.488	3.12	3.29	3.24
Chloride	mg/L		100		2.27	1.74	1.73	77.5	37.3	36.3
Sulfate	mg/L		250		31	41.6	37.1	264	1880	878
Iron	mg/L		0.2		0.295	2.98	0.489	0.409	180	0.332
Aluminium	mg/L		0.2		0.0109	0.206	0.115	0.102	65.6	0.0445
Arsenic	mg/L	0.01		0.01	0.000612	0.00051	0.000508	0.00361	0.00818	0.00344
Cadmium^	mg/L	0.005		0.003	0.000124	0.000114	0.000095	0.00179	0.00321	0.000959
Cobalt	mg/L				0.00129	0.0187	0.00453	0.068	1.86	0.11
Chromium	mg/L	0.05		0.05	0.00404	0.0035	0.00347	0.0808	0.131	0.0767
Copper	mg/L	2		2	0.00213	0.162	0.0116	0.0114	18.8	0.0103
Mercury^	mg/L			0.006	0.0000438	0.0000332	0.0000298	0.00212	0.00113	0.000754
Manganese	mg/L		0.05		0.0974	0.0826	0.0503	5.27	4.71	0.405
Molybdenum	mg/L				0.00287	0.00139	0.00137	0.0419	0.0479	0.0341
Nickel	mg/L	0.02		0.07	0.00353	0.0213	0.00349	0.0497	2.15	0.0292
Lead	mg/L	0.01		0.01	0.000417	0.000549	0.00042	0.00134	0.0466	0.00104
Zinc	mg/L				0.00873	0.0136	0.00678	0.0703	0.85	0.0633
Uranium	mg/L	0.1		0.03	0.00594	0.00496	0.00495	0.321	0.278	0.271
pH	s.u.	6.5-9.5			6.08	4.57	5.18	6.06	3.47	6.31
Phosphate	mg/L				0.0533	0.0531	0.052	0.391	2.28	0.468
Calcium	mg/L				15.7	11.4	11.6	396	88.6	91.9
Potassium	mg/L				5.47	3.21	3.43	435	247	230
Magnesium	mg/L				2.71	2.83	2.7	84.6	106	34.1
Sodium	mg/L				5.46	4.72	4.71	175	112	107
Silicon	mg/L				2.39	2.91	2.92	5.46	5.45	5.52
Barium	mg/L			0.7	0.0129	0.012	0.012	0.0167	0.00235	0.00304
Strontium	mg/L				0.0679	0.0493	0.0493	2.74	0.661	0.722
Antimony	mg/L			0.02	0.00311	0.000182	0.000182	0.243	0.00733	0.00997
Alkalinity	mg/L				5.15	-1.59	0.344	6	-54.7	9.95
Fluoride	mg/L	1.5		1.5	0.0481	0.123	0.0525	0.779	9.94	1.06
Silver	mg/L				0.000619	0.000176	0.000169	0.0516	0.00972	0.00796
Selenium	mg/L			0.04	0.000541	0.000761	0.000262	0.00483	0.0892	0.00498
Exceeds drinking water limits from STM 401/2001										
Exceeds recommended drinking water limits from STM 401/2001										
Exceeds WHO (2011) drinking water guidelines										
^ Cd and Hg concentrations elevation partially due to detection limits in groundwater constituent										

10 VAIKUTUSTEN HALLINTA

Hannukaisen hankkeeseen suunniteltujen toimien vuoksi negatiiviset ympäristövaikutukset ovat mahdollisia ja siksi käytännön toimenpiteitä olisi toteutettava mahdollisten negatiivisten haittavaikutuksien lieventämiseksi.

Ehdotettu strategia käytännön lieventämistoimenpiteitä valittaessa on seuraava:

- Vältetään vaikutus poistamalla sen syy(t) aina, kun mahdollista – aina suositeltua;
- Vähennetään vaikutusta rajoittamalla sen syytä tai syitä niin pitkälle kuin mahdollista – suositeltua silloin, kun vaikutusta ei voida välttää;
- Parannetaan vaikutusta suojaamalla sen kohdetta vaikutuksen syytä tai syiltä – vain silloin, kun vaikutuksen syytä ei voida lieventää; ja
- Tarjotaan korvaavia toimenpiteitä vaikutusten tasaamiseksi – tätä käytetään vain silloin, kun yksikään edellä mainituista ei ole asianmukaista ja käytetään usein silloin, kun vaikutusta luonnonvaroihin ei voida lieventää.

Vaikutusten hallinta tullaan tutkimaan kokonaisuudessaan osana ESIA:a. Taulukko 10-1 kuitenkin osoittaa yksilöllisiä hallinnan menetelmiä, joilla voidaan lievittää mahdollisia haittavaikutuksia hankealueella. Taulukko sisältää ehdotetun arviointikriteerin määrittämään jokaisen hallinnan menetelmän onnistumisen.

10.1 Valvonta

Lähtötason seurantaohjelma ja vaikutuksien valvonnan strategia vaativat tarkkaa luonnehdintaa nykyisistä olosuhteista. Ilman luotettavaa lähtötason luonnehdintaa ei olisi mahdollista objektiivisesti johtaa syitä mihinkään vedenpinnan tai laadun muutoksiin. Meneillään olevaa pohja- ja pintaveden laadun näytteenottotehtävää suorittaa tällä hetkellä Northland.

Suosituksia meneillään olevaan lähtötason seurantaan ja tulevaisuuden toiminnalliseen seurantaan löytyvät alapuolelta. On tärkeää, että tietojen keruu on riittävää:

- Tarkasti luonnehtimaan nykyisiä olosuhteita, mukaan lukien kausittaiset vaihtelut paikallisessa hydrologisessa järjestelmässä;
- Tunnistamaan muutokset olosuhteissa ennen toiminnan aloittamista;
- Tunnistamaan minkä tahansa muutoksen syy; ja
- Osoittamaan, että lieventämisstrategiat toimivat tehokkaasti.

Taulukko 10-2 esittää yhteenvedon SRK:n suosituksista meneillään olevan lähtötilan vedenkorkeuden, virtauksen ja laadun valvontaan. Valvonnan tulee jatkua koko toiminnan ajan ja sitä tulee muuttaa vastaamaan paikallisessa hydrologisissa olosuhteissa tapahtuvia muutoksia; esim. valvonnan lisäämistä alueilla, joissa vedenlaatu heikkenee.

Taulukossa 10-3 esitettyä analyysisarjaa suositellaan käytettäväksi vedenlaadun näytteenotoissa.

Taulukko 10-1: Rautuvaaran lieventämismenetelmät

Syy	Mahdollinen vaikutus	Mahdolliset hallinnointimenetelmät	Arviointikriteerit
<i>Toimintaa edeltävä</i>			
Infrastruktuurin rakentaminen Niesan alueella	Vedenlaadun heikkeneminen Niesajoessa ja Kylmäjoessa, esim. lisääntyneenä sedimenttikeruomituksena	Oletetaan asianmukaista sedimentin valvontatoimenpiteitä ja ympäristöllisen hallinnan suunnittelua	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. suspendoituneen kiintoaineksen kokonaismäärä joissa
Päästö johtuen olemassa olevan louhosjärven vedenpoistosta	Vedenlaadun heikkeneminen laskeutusaltaan alueella	Purkautumisen passiivinen käsittely käyttäen kosteikkoa (48 tunnin pidätysajalla) ja ilmastussarjaa (kuvattu yksityiskohtaisemmin SRK:ssa (2012a)). Laskelmat osoittavat, että sekoitusmäärät Laurinojan ja Kuervaaaran louhosjärvien välillä ovat säädettyjä Rajajokikomission (BRC) sääntöjen mukaisesti. (BRC, 2007)	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Fe, pH ja O ₂ Äkäsoessa
<i>Toiminnallinen</i>			
Vähentyneet virtaamat kaivoksen tyhjennyksen vuoksi, kaivosinfrastruktuuri ja vesienhallintasuunnitelma	Vähentynyt virtaama ja joen tila kaivosta ympäröivillä alueilla. On huomattava, että vaikutuksien arviointi ennustaa, että muutokset virtaamassa ovat yleensä <4 % Äkäsoessa, <7 % Kuerjoessa ja <4 % Valkeajoessa. Muutokset joen osuudessa ovat normaalisti <0,01m. Vähentynyt virtaama ja joen tila Niesajoessa Rautuvaaran rikastushiekka-altaan alajuoksulla. Virtaamat tulevat huomattavasti vähenemään, johtuen käsitellyn veden pumppaamisesta Muonionjokeen.	- Ei lievennyksiä Äkäsokeeseen, Kuerjokeen eikä Valkeajokeen. - Virtaamien lisääminen Niesajoessa käsiteltäviä kaivosvettä käyttäen. - Luonnollisten valuma-alueiden suuntaaminen luoteeseen Rautuvaaran rikastushiekka-altaalta alueen reunaa pitkin valuakseen Niesajokeen.	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet joen virtaaman muutoksiin. Perusteita kehitetään vesiasiantuntijan kanssa.
Suotaminen sivukiven läjitysalueilta	Veden laadun heikentyminen Äkäsoessa ja Kuerjoessa	Arviointi mahdollisen saastumisen vaimentamisesta pohjaveden virtausreitissä	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ joissa
Suotovesi selkeytysaltaista Rautuvaaran rikastushiekka-aitailla	Vedenlaadun yleinen parantuminen Niesajoessa. Vähäinen vaikutus Kylmäjoan vedenlaatuun valituilla muuttujilla.	Hallintaa ei edellytetä; arviointi kuitenkin mahdollisen saastumisen vaimentamisesta pohjaveden virtausreitissä toiminnan aikana, vahvistaakseen pohjaveden mallin ennusteen	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U joissa

Syy	Mahdollinen vaikutus	Mahdolliset hallinnointimenetelmät	Arviointikriteerit
Purkaus Muonionjokeen	Uoman pohjan tai rannan eroosio	Purkupisteen rakentaminen; hallittu päästö	Pohjan ja rannan eroosio ennalta määrättyllä, haavoittuvilla osuuksilla; Veden sameus purkupisteellä.
Purkaus Muonionjokeen	Vedenlaadun heikkeneminen Muonionjossa. Vaatimukset sekoittamisvyöhykkeisiin purkupisteen lähellä.	- Kaivosveden käsittelyn parantaminen ennen päästämistä; korkearikkisten rikastushiekkojen käsittely kalkilla (CaO) suotuvesien neutralisoimiseksi ja pH:n palauttamiseksi 7,0 - Paikan päällä varastoimisen lisääminen poistomäärien rajoittamiseksi alivirtaamien kriittisten jaksojen aikana joessa - Hajottimen toimiva muotoilu sekoittumisen parantamiseksi lähellä purkupistettä - Sopia sekoittamisvyöhyke lainsäätäjien kanssa.	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U Muoniojossa
Vedenlaatu pohjois- ja etelälaitaissa rikastushiekka-allas alueen suotamisen vuoksi	Mahdolliset negatiiviset vaikutukset ekologisille vaikutuskohteille	- Ennustetun vedenlaadun toksikologisten riskien arviointi tietyille altistuneille lajeille. - Tarkastella pitkäaikaisen alueelle pääsyn kannattavuuden rajoittamista (aitaaminen yms.)	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U altaissa
Vedenlaatu nykyisissä Rautuvaaran louhosjärvissä rikastushiekan täytön vuoksi.	Mahdolliset negatiiviset vaikutukset ekologisille vaikutuskohteille	Louhosten täyttäminen moreenilla/sivukivellä ennakoidun vedentason yläpuolelle veteenpääsyn estämiseksi	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U louhosjärvissä
Hallitsemattomat päästöt Hannukaisen selkeytsaltaasta (Hannukainen) tai rikastushiekka-altaan selkeytsaltaalta (Rautuvaara)	Virtauksien lisääntyminen ja huonolaatuisen veden purkautuminen alajuoksun vesialueisiin.	Suunnitella asiaankuuluvat varalaidat vesialtisiin. Toimitetaan riittävä pumppauskapasiteetti Hannukaiseen veden pumppaamisen ja purkamisen mahdollistamiseksi käsittelyyn tai väliaikaiseen varastointiin avolouhoksiin, jos alttaiden vedentaso on liian korkea.	Kehittää asianmukainen vesihallintasuunnitelma rankkasateiden varalta. Suunnitelma on hyväksyttävä asianmukaisella ammattilaisella ja säätäjällä.

Syy	Mahdollinen vaikutus		Mahdolliset hallinnointimenetelmät	Arviointikriteerit
Vaikutukset Läntisen luokka III pohjavesikerrokseen Hannukaisen kaivoksesta Hannukaisen selkeytysaltaan suotamisen kautta	Vedenlaadun pohjavesikerroksessa mahdollisesti kelpaamattoman.	heikkeneminen tehden siitä ihmiskäyttöön	Läpäisemättömän eristeen asentaminen selkeytysaltaan alle, varmistamaan minimaalisen suotamisen tapahtumisen selkeytysaltaalta kaivoksen elinkaaren aikana.	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U louhosjärvissä
<i>Sulkemisen jälkeen</i>				
Huonolaatuisen suotoveden lasku Hannukaisen mahdollisesti happoa tuottavan sivukiven läjitysalueelta Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärviin.	Vedenlaadun heikkeneminen louhosjärvissä ja siten myös vastaa nottavissa järvissä.		- Alkaliinisen lisääneen lisääminen (esim. kalkkikivi) mahdollisesti happoa tuottavalle alueelle laimentamaan happoisuutta ja vähentämään liuenneen aineen kuormituksen poistumista valuma-alueeseen. - Matalan läpäisevyyden lisäksi happea rajoittava peite mahdollisesti happoa tuottavan sivukiven läjitysalueelle vähentämään metallien kuormitusta	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U louhosjärvissä
Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärvien suotaminen ja ylivuoto.	Vedenlaadun heikkeneminen Äkäsjoen ja Kuervijoen.		- Passiivinen käsittely kosteikkoalueen läpi ennen vapauttamista - Louhosjärvien aktiivista käsittelyä ennen vapauttamista - Yksityiskohtainen mallinnus louhosjärvien kerrostuneisuuden sisällyttämiseksi - Alkaliinisen lisääneen, kuten kalkin (CaO) lisääminen suoraan louhosjärveen pH-arvon korjaamiseksi - Kuormituksen parantaminen lähteellä (esim. suotovesi kuormituksen lieventäminen mahdollisesti happoa tuottavan sivukiven läjitysalueelta.)	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ joissa
Vedenlaatu Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärvissä.	Mahdolliset negatiiviset vaikutukset ekologisille vaikutuskohteille		- Ennustetun vedenlaadun toksikologisten riskien arviointi tietyille altistuneille lajeille. - Tarkastellaan pitkäaikaisen alueelle pääsyn kannattavuuden rajoittamista (aitaaminen yms.) - Katso mahdolliset lieventämisvaihtoehdot yläpuolelta.	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U altaissa

Syy	Mahdollinen vaikutus	Mahdolliset hallinnointimenetelmät	Arviointikriteerit
Vedenlaatu pohjois- ja eteläaltaissa rikastushiekka-altaan alueelta suotamisen vuoksi	Mahdolliset negatiiviset vaikutukset ekologisille vaikutuskohteille	• Ennustetun vedenlaadun toksikologisten riskien arviointi tietyille altistuneille lajeille. • Tarkastellaan pitkäaikaisen alueelle pääsyn kannattavuuden rajoittamista (aitaaminen yms.)	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U altaissa
Hannukaisen kaivosalueen ja Rautuvaaran rikastushiekka-alueen mahdollisten saasteiden suotaminen , joita ei voida lieventää kustannustehokkaiden teknisten ratkaisujen kautta	Vedenlaadun heikkeneminen Äkäsjöessa, Kuerjöessa, Valkeajöessa, Niesajöessa ja Muonionjöessa.	• Ennustetun vedenlaadun toksikologisten riskien arviointi tietyille altistuneille lajeille.	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ joissa
Suotuvesi ja pintavaluma eteläaltaasta Niesajokeen	Vedenlaadun heikkeneminen Niesajöessa.	• Arviointi mahdollisen saastumisen vaimentamisesta pohjaveden virtausreitissä • Jatketaan valumien käsittelyä Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta, kunnes vedenlaatu täyttää vedenlaatatutavoitteet. • Jatketaan liikaveden johtamista eteläaltaasta Muonionjokeen, kunnes vedenlaatu täyttää vedenlaatatutavoitteet. • Arviointi rikastushiekan suotamisen vaimentamisesta selkeytysaltaassa kalkin tai turpeen käyttämisen kautta, tai kosteikon perustamisella.	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U joissa
Suotuvesi pohjoisaltaasta Kylmäojaan	Mahdollisuudet lieviin negatiivisiin vaikutuksiin Kylmäojan vedenlaadussa valituille muuttujille.	• Arviointi mahdollisen saastumisen vaimentamisesta pohjaveden virtausreitissä	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U joissa

Syy	Mahdollinen vaikutus	Mahdolliset hallinnointimenetelmät	Arviointikriteerit
Purkaus Muonionjokeen	Vedenlaadun heikkeneminen Muonionjoessa. Vaatimukset sekoittamisvyöhykkeelle purkupisteen lähellä.	- Lieventämistoimenpiteiden vaikutukset poistoveden laatuun ja siitä seuraavaan Niesajoen vedenlaatuun on tunnistettu yläpuolella (turpeen, kosteikkojen tai kalkin käyttö parantamaan vedenlaatua rikastushiekka-alueella ja selkeytysaltaassa sekä niiden ympäristössä), jotta päästöt voidaan lopettaa. - Hajotuksen toimiva muotoilu sekoittumisen parantamiseksi lähellä purkupistettä - Sopia sekoittamisvyöhyke lainsäätäjien kanssa.	Tavoitearvot ja toiminnan perusteet esim. Cu, Ni, SO ₄ , U Muonionjoessa
Valvoton päästö rikastushiekka-altaan selkeytysaltaasta (Rautuvaara)	Lisäykset virtaamisessa ja huonolaatuisen veden päästäminen alajuoksun vesistöihin.	Suunnitella asiaankuuluvat varalaidat vesialtaisiin.	Kehittää asianmukainen vesihallintasuunnitelma rankkasateiden varalta. Suunnitelma tulee hyväksyttäväksi asianmukaisella ammattilaisella ja säätäjällä.

Taulukko 10-2: Lähtötason ja toiminnallisen valvonnan suositukset

Parametri	Tiheys	Sijainti	Perustelut
Pohjaveden pinta	Kuukausittain (manuaalisesti) Tunneittain (mittarit)	Sekä irtomaassa, että peruskalliossa sijaitsevilla kairausrei'issä; sijaitsee alueen ympärillä sisältäen Hannukaisen ja Rautuvaaran hankealueet.	- Luonnehtia kausittaisia vaihteluja - Kehittää käsitteellistä hydrologista mallia - Tunnistaa muutoksia toiminnan aikana
Pohjaveden laatu	Suunnilleen 5 kertaa vuosittain	Ala- ja yläjuoksu olemassa olevassa infrastruktuurissa; näytteet sekä kvaternaarisesta sedimentistä, että peruskalliosta.	- Tunnistaa ja luonnehtia mikä tahansa saastuminen - Kehittää käsitteellistä hydrologista mallia - Kehittää käsitteellistä saastekulkeutumisen mallia - Kehittää vaikutuksien ennustuksia - Nykyinen valvontaohjelma riittävä, vaikkakin ylimääräisiä näytteitä vaadittaisiin, jos olisi tarvetta arvioida kausittaisien vaihteluiden keskeisimpiä muuttujia - Tunnistaa muutoksia toiminnan aikana ja aina tarvittaessa arvioida lieventämistoimenpiteiden tehokkuutta.
Joen tila/virtaama	Jatkuva vedentason mittaaminen joka toinen viikko virtaaman paikkamittauksilla sallimalla mittauskäyrien kehittymisen mittauspaikoille.	Kuusi vedentason mittaria asennettiin 2012, sisältäen kolme Niesajoessa, yhden Äkäsoessa ja yhden Kylmäjoessa. Viimeinen asennettiin Valkeajokeen. Mittarit tulisi uudelleen asentaa näille paikoille vuonna 2013.	- Luonnehtia jokien valuma-alueita, esim. vastine sadantaan ja lumien sulamiseen - Sallia paikkakohtaisen virtaamatedon vertailun (esim. kuukausittaiset keskivirtaamat) alueellisen virtaamatedon kanssa. - Tunnistaa muutoksia toiminnan aikana ja aina tarvittaessa arvioida lieventämistoimenpiteiden tehokkuutta

Parametri	Tiheys	Sijainti	Perustelut
Pintaveden laatu	Suunnilleen 5 kertaa vuosittain	Jatketaan nykyistä seurantaohjelmaa / rutiiniseuranta käsitellyn veden päästöistä	- Nykyinen valvontaohjelma riittävä, vaikkakin ylimääräisiä näytteitä vaadittaisiin, jos olisi tarvetta arvioida kausittaisien vaihteluiden keskeisimpiä muuttujia. - SRK:n mielipiteen mukaan kenttäsuodatusta ei tarvita. On kuitenkin suositeltavaa, että laboratorio tekisi vastaanotettujen näytteiden suodattamisen välttääkseen poikkeuksellisen korkeat pitoisuudet (esim. metallit) näytteissä, joissa on korkeat kiintoainekuormitukset. On kuitenkin huomattava, että kansainväliset standardit (käytetään määrittämään hälytysrajat AV) voivat vaatia molempien näytteiden taltioimisen. Tämä tulee selvittää lainsäätäjän kanssa. - Tunnistaa muutoksia toiminnan aikana ja aina tarvittaessa arvioida lieventämistoimenpiteiden tehokkuutta
Virtaaman olosuhteet lähellä ehdotetun Muonionjoen purkupisteitä.	Kaksi ylimääräistä virtaamatutkimusta matalan virtaaman olosuhteissa ja keskiuurrissa olosuhteissa (virtaamatieto korkeiden virtaamien olosuhteista on jo kerätty)	Muonionjoen poikkileikkaukset purkauspisteellä ja sen lähellä.	- Hankkia kenttätietoa laimentumislaskelmien parametrien luomiseen ja kalibrointiin ehdotetulle Muonionjoen purkupisteelle. - Tunnistaa muutoksia toiminnan aikana ja aina tarvittaessa arvioida lieventämistoimenpiteiden tehokkuutta.
Laimentuminen Muonionjoen purkupisteeseen sijainnissa	Kerran alivirtaaman olosuhteiden aikana. Toista tutkimusta korkean virtaamaan olosuhteiden aikana voidaan harkita	Värin tai suolan vapauttaminen purkauspisteeseen ehdotetulla sijainnilla, laimentumisen seuraamisella alajuoksuun tästä kohdasta.	Kenttätiedon hankkiminen laimentumislaskelmien kalibroimiseksi Muonionjoen ehdotetulle purkupisteelle.

Taulukko 10-3: Analysoitavien determinanttien sarja (Ei kenttäsuodatusta)

<i>Parametri</i>
Alumiini , eli Al
Antimoni, eli Sb
Arseeni, eli As
Barium, eli Ba
Beryllium, eli Be
Boori, eli B
Kadmium , eli Cd
Kalsium , eli Ca
Kromi - Kuudenarvoinen
Koboltti , eli Co
Kupari , eli Cu
Rauta, eli Fe
Lyijy, eli Pb
Magnesium, eli Mg
Mangaani, eli Mn
Elohopea, Total as Hg
Molybdeeni, eli Mo
Nikkeli, eli Ni
Kalium, eli K
Seleen, eli Se
Hopea, eli Ag
Natrium, eli Na
Strontium , eli Sr
Rikki, eli S
Tina, eli Sn
Uraani, eli U
Vanadiini, eli V
Sinkki, eli Zn
Emäksisyys eli CaCO ₃
Ammonium ali NH ₄ , matala pitoisuus
Karbonaatti emäksisyys
Kemiallinen hapenkulutus (Mn menetelmä)
Kloori, eli Cl
Syanidi, matala pitoisuus
Liennut happi
Fluori, eli F
Nitraatti, eli N
Nitriitti, eli N
Fenoli Mono (Fenoliluku)
Fosfaatti, Orto eli P
Fosfori, eli P
Liunneet kiintoaineet (TDS)
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)
Maaöljyn hiilivety pitoisuus (TPH)
Suspendoituneet kiinteät aineet (TSS)
Sameus
pH – itse kohteessa ja laboratoriossa
Sähkönjohtavuus - itse kohteessa ja laboratoriossa
Lämpötila – itse kohteessa

11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

11.1 Keskeiset havainnot

Tämä arviointi keskittyy vaikutukseen, joka ehdotetulla Rautuvaaran rikastushiekka-altaan kehityksellä on pohjavesienpinnan korkeuksiin, pohjavedenlaatuun, pintavirtauksiin ja vedenlaatuun rikastushiekka-altaissa ja joissa, jotka yhtyvät alueen alavirtaukseen ja joihin rikastushiekka-altaan kehitys mahdollisesti vaikuttaa (Niesajoki, Kylmäoja, Äkäsjoki ja Muonionjoki) Raportti kuitenkin päivittää vaikutuksien arvioinnin myös kaivospaikan infrastruktuuriin (avolouhokset, selkiytysaltaat ja sivukivien läjitysalueet) pohjavesien korkeuksiin, pohjavedenlaatuun, pintavirtauksiin ja vedenlaatuun Hannukaisen alueella, työhön, joka muotoutui osaksi Hannukaisen hydrologisten vaikutusten Vaihe 1 arviointia. Tämä työ sisältää vaikutuksien arvioinnin pintavesistä hankealueella mukaan lukien Kuerjoki, Valkeajoki ja Äkäsjoki yhdessä pohjaveden, kosteikkojen ja muiden vesimuodostumien kanssa.

Keskeisimmät muutokset kaivosjätteen käsittelyssä Vaihe 1 ja Vaihe 2 tutkimusten välillä ovat, että rikastushiekka on siirretty Hannukaisen alueelta (Vaihe 1) Rautuvaaran rikastushiekka-altaaseen (Vaihe 2), sivukiven läjitysalueet on siirretty Valkeajoen pohjavesialueen ulkopuolelle ja käsitelty kaivosvesi johdetaan nyt Hannukaisen selkiytysaltaasta sekä Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta putkea pitkin Muonionjokeen. Vaiheessa 1 käsitelty kaivosvesi päästettiin Niesajokeen.

Kaivosjätteiden käsittelyssä tehtyjen muutoksien seurauksena, Vaihe 2 raportti ennustaa parannuksia vedenlaatuun Valkeajoessa, Kuerjoessa, Äkäsjokeen ja Niesajoessa, verrattuna Vaiheen 1 raporttiin. Kokonaisvaikutukset Muonionjokeen säilyvät ennallaan, vaikkakin päästöt jokeen ovat keskittyneet nyt vain yhteen purkupisteeseen. Lisäksi tämä raportti tarkastelee laajemmin vedenlaadun muuttujia kuin Vaihe 1 tutkimus ja Muonionjoesta valittuihin muuttujiin liittyvät kysymykset yksilöidään Vaihe 2 tutkimuksessa.

On huomattava, että olemassa oleva Hannukaisen hankealue ja olemassa oleva, mutta käytöstä poistettu Rautuvaaran rikastushiekka-allas ovat vaikuttaneet tutkimusalueella sijaitseviin jokiin. Vaihe 2 raportti antaa yksityiskohtaisemman analyysin nykypäivän olosuhteista Niesajoessa ja tunnistaa jokeen kohdistuvan kuormituksen johtuen olemassa olevasta rikastushiekka-altaasta (pinta- ja pohjavesi). Tämän seurauksena Vaihe 2 tutkimus antaa parannetun arvioinnin lähtötilanteen olosuhteista Rautuvaaran alueella.

Kaivostoiminnan päättyttyä Hannukaisen ja Kuervitikon louhoksien annetaan täyttyä vedellä, jolloin niistä tulee louhosjärviä. Vaiheessa 2 on ehdotettu, että louhoksien täyttymistä nopeutetaan pumpaamalla järvivettä louhosjärviin. Tämän seurauksena mahdollisesti happea tuottavat louhoksen seinämät ovat upoksissa nopeammin ja louhosjärven ennuste vedenlaadusta Vaiheessa 2 on huomattavasti parempi, kuin ennuste Vaiheessa 1.

11.1.1 Kaivostoiminnan vaihe

Keskeisimmät tulokset vaikutusten arvioinnissa kaivostoiminnan aikana ovat:

Pintaveden virtaamat

Kaiken kaikkiaan Hannukaisen ja Rautuvaaran hankkeilla on rajoitettuja vaikutuksia pintavesien virtaamiin kaikissa pääjoissa, jotka sijaitsevat kaivosinfrastruktuurin alajuoksulla. Vaikutukset Muonionjokeen, Valkeajokeen ja Kylmäojan virtaan ovat vähäpätöisiä. Rautuvaaran rikastushiekka-altaan patoamisen seurauksena ojien virtaamat Niesajoessa välittömästi alueen alajuoksulla ennakoituaan vähentyvän noin 40 %, joen suulla vaikutukset ovat kuitenkin vähentyneet 8 % lähtötason virtaamista. Vaikka vaikutukset ovat olennaisia Niesajoen yläjuoksulla, tätä tasapainottaa vedenlaadun parantuminen tässä joessa.

Kuerjoessa ja Äkäsjöessä avolouhoksien kuivatus madaltaa paikallisen pohjaveden tasoa ja vähentää pohjavirtaamia läheisissä joissa. Keskimääräisten talviolosuhteiden aikana virtojen ennustetaan alenevan enintään 2 % Äkäsjöessä ja 4 % äärimmäisten kuivan vuoden olosuhteiden aikana. Kuerjoessa keskimääräistä alempien talviolosuhteiden aikana virtojen ennustetaan alenevan enintään 4 % ja 7 % äärimmäisten kuivan vuoden olosuhteiden aikana. Hydrauliset laskelmat kuitenkin osoittavat, että tällaisilla virtauksen alenemisilla olisi mitätön vaikutus vedenkorkeuksiin ja pintavirtauksiin näissä joissa, jotka ovat kriittisiä muuttujia vesieläöille.

Pintavedenlaatu

Niesajoen vedenlaadun ennustetaan paranevan huomattavasti, johtuen pintavalumien kiinniotosta ja käsittelystä olemassa olevasta Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta.

Toimien aikana Valkeajoen, Kuerjoen ja Kylmäojan veden laadulle ennustetaan mitättömiä vaikutuksia tai ei vaikutuksia lainkaan.

Äkäsjokeen kohdistetut ennusteet osoittavat, että keskeisimpien muuttujien hälytysrajoja AV ei ole ylitetty kaivostoiminnan aikana. Talvikuukausien aikana kynnysarvojen TV ylityksiin ennustetaan kadmium, kromi, elohopea ja uraani.

Käsitelty kaivosvesi ja pintavalunnat Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta varastoidaan eteläaltaaseen Rautuvaaran alueella, ennen kuin se johdetaan ja lasketaan Muonionjokeen. Mallinnus osoittaa, että valittujen muuttujien (esim. nitraatti, kadmium, koboltti, nikkeli, uraani ja sinkki) purkaukset Muonionjokeen lisääisivät pitoisuuksia joessa yli 50 % yli perustilan olosuhteiden toiminnan 5. vuotena. Vaikutuksien ennustetaan olevan alhaisempia toiminnan alkuvuosina, mutta vaikutuksien ennustetaan kasvavan ajan myötä, kun virtausnopeus jokeen kiihtyy.

Useimpien muuttujien suurimmat vaikutukset ovat talvikuukausina, kun jokien virtaamat ovat alimmillaan. Mallinnus ennustaa kaivosvesien sekoittumisen Muonionjoen purkupisteen alajuoksulla, jossa on mahdollisuus kynnysarvojen TV ja hälytysrajojen AV ylityksiin. Lisätyötä on ehdotettu (Kohta 11.2) näiden ylityksien minimoimiseksi ja tarvittaessa tunnistamaan sopivia lieventämistoimenpiteitä. Keskustelu sääntelyviranomaisien kanssa on tarpeellista määrittämään kaivosveden laatu ja virtaamat, joita voitaisiin pitää hyväksyttävänä.

Epäonnistuneilla tai valvomattomilla päästöillä veteen Hannukaisen tai Rautuvaaran rikastushiekka-altaiden selkeytysaltaista olisi merkittävä negatiivinen vaikutus vedenlaatuun kaivosalueiden alavirroissa. Tämän raportin aikana ei ollut riittävää tietoa alueen vedenhoitosuunnitelmaa koskien, jotta voitaisiin laatia yksityiskohtainen arvio valvomattomien päästöjen vaikutuksista. Kuitenkin alueella oleva merkittävä veden pumpppaus kapasiteetti ja varavesivarannot (avolouhokset) osoittaisivat, että riski valvomattomien päästöjen pääsyyllä luontoon on matala.

Kosteikot ja lähteet

Tunnistettujen lähteiden kokonaismäärä on Hannukaisen alueella 63 (M. Heikkinen (Ramboll), pers. comm.), joista 27 sijaitsee kaivoksen elinaikaisissa alenemakartioissa. Näistä 27 lähteestä, 16 tullaan pysyvästi poistamaan kaivosinfrastruktuurista johtuen (sivukiven läjitysalueet, louhokset). Yksi lähde peittyy Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta johtuen.

Hannukaisen alueella suunnilleen 50 % kosteikoista sijaitsee kaivoksen elinaikaisissa alenemakartioissa. Kaivoksen elinkaareissa 16 % kosteikoista on peitetty sivukiven läjitysalueilla ja 6 % on poistettu louhoksien vuoksi. Noin 4 % kosteikoista tullaan peittämään väliaikaisesti selkeytysaltaalla kaivostoiminnan ajaksi. Rikastushiekka-altaan laajennus johtaa 4 % kosteikkoalueen menetykseen Niesajoen valuma-alueella, mutta ei Kylmäojan valuma-alueella.

Pohjaveden määrä ja laatu

Hannukaisen lähialueella olevat Luokka II ja Luokka III pohjavesikerrokset on sijoitettu oletettuun alenemakartioon. Alenemakartio sisältää myös yksityisiä kaivoja, jotka on sijoitettu lähelle Hannukaisen kaivosta. Nämä kaivot tulevat kuitenkin olemaan Northlandin omistusta ja niitä ei tulla käyttämään vedenottoon. Rautuvaarassa oleva Luokka III pohjavesialue on osittain (16 %) peittynyt olemassa olevan eteläaltaan alle ja on myös osittain peittyvä (20 %) ehdotetun lammen laajennuksen alle.

Läntinen Luokka III pohjavesikerros Hannukaisessa ja Rautuvaaran Luokka III pohjavesikerros tulee kokemaan epäsuotuisan vaikutuksen vedenlaatuun suotamisvesistä, tehden niistä ihmisravinnoksi kelpaamattomia, ilman esikäsittelyä alkuainepitoisuuksien vähentämiseksi. Itäinen Luokka III pohjavesikerros ja yksityiset kaivot Hannukaisessa eivät tule kokemaan negatiivisia vaikutuksia vedenlaadussa kaivoksen elinkaaren aikana, kun suurin osa pohjavesien virtauksista on Hannukaisen kaivoksen pohjavesikerroksesta ja on odotettavissa, että merkittäviä vaikutuksia ei tule muille ehdotetun rikastushiekka-altaan läheisyydessä oleville luokitelluille pohjavesikerroksille.

11.1.2 Sulkemisen jälkeen

Rautuvaaran rikastushiekka-altaan lopettamissuunnitelmaa ei ole vielä täysin kehitetty, johtuen epävarmuuksista vedenlaadun ennustuksissa rikastushiekka-altaassa ja alavirrassa toiminnan loppumisen jälkeen.

Pintavesien virtaamat

Kaivostoiminnan lopettamisen jälkeen pintavesien virtaamat Äkäsjokeen, Muonionjokeen, Niesajokeen, Kuerjokeen, Valkeajokeen ja Kylmäojaan palautuvat lähelle perustilan olosuhteita. Tulee olemaan ajanjakso, jolloin Hannukaisen ja Kuervitikon louhosjärvet täyttyvät. Virtaamien vaikutusten oletetaan olevan samankaltaiset toimintojen aikaisten kanssa, mutta kun louhosjärvet ovat täynnä, toimintojen aikana käännetty valuma-alueet yhdistetään takaisin niiden luonnollisiin vesialueisiin. Voi olla myös ajanjakso toimintojen lopettamisen jälkeen, jolloin valuma Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta käännytetään Muonionjokeen, ohittaen Niesajoen; kuitenkin, vedenlaadun ollessa riittävällä tasolla Rautuvaaran rikastushiekka-altaasta sen annetaan virrata Niesajokeen kuten lähtötilanteen olosuhteissa.

Pintavesien laatu

Toiminnan lopettamisen jälkeen ei tulla laskemaan ylimääräistä vettä Hannukaisen kaivoksesta Rautuvaaran rikastushiekka-altaaseen. Näin ollen vesialtaisiin kerääntyvä veden määrä Rautuvaarassa tulee laskemaan. Ennusteet osoittavat, että ilman rikastushiekka-altaan valumavesien hallintaa ja käsittelyä on riski, että rikastushiekka-altaan valumavesistä voi olla Niesajoen ja Muonionjoen vedenlaatuun haitallinen vaikutus toiminnan lopettamisen jälkeen. Laskemat ennustavat kohonneita pitoisuuksia moneen muuttuun Niesajokeen ja Muonionjokeen, vaikka vesi laskettaisiin Niesajokeen tai johdettaisiin Muonionjokeen. Muonionjokea koskevat ennustukset osoittavat usean muuttujan kynnysarvojen TV ylityksiä, vaikka korkearikkiset rikastushiekat koteloitaisiinkin (esim. koboltti, molybdeeni, uraani ja sinkki). Lievennysvaihtoehtoja, kuten ylijäämäveden käsittelyä rikastushiekka-altaasta, voi olla tarpeen harkita. Lisäksi, Rautuvaaran vesitaseen arvioinnissa (Pöyry) toiminnan loppumisen jälkeen, voi olla tarpeen toteuttaa rikastushiekka-altaasta virta-arvio (varsinkin talviaikaan) sen näyttäessä liian korkealta.

Lopuksi, on myös olemassa mahdollisuus pohjaveden suotamiseen rikastushiekka-altaasta Kylmäojaan ja Niesajokeen, mutta yksistään suotamisen vaikutusta ei pidetä merkittävänä.

Kaivostoiminnan päättymisen jälkeen Hannukaisen ja Kuervitikon louhosien annetaan täyttyä vedellä, jolloin niistä tulee louhosjärviä. Käytettäessä keinotekoisia tulvimista, aika jonka Hannukaisen ja Kuervitikon kaivokset tarvitsevat täyttyäkseen on 13 - 81 vuotta ja vastaavasti 4 - 18 vuotta. Hannukaisen alueella päästöt sivukiven läjitysalueelta virtaavat louhosjärviin, eivätkä purkaudu suoraan luonnon virtaan.

On ennustettu, että molemmat sekä Hannukaisen, että Kuervitikon louhosjärvet voivat kohota Äkäsjokeen ja Kuerjokeen tässä järjestyksessä täysin toivuttuaan. Mahdolliset hälytysrajojen AV ylitykset valittuihin muuttujiin ovat ennustettuja sekä Hannukaisen että Kuervitikon louhosjärvissä. Pitoisuudet Hannukaisen louhosjärvessä vakaisissa olosuhteissa ennustetaan olevan heikkolaatuisempia kuin alkuperäisen ylijäämäveden. Johtuen, koska louhosjärviin päätyy suurempi osuus sivukiven läjitysaltaasta mahdollisesti happaotuottavien sivukivien päästöistä sekä hyvälaatuisen veden jatkuva virtaus puuttuu. Keskeisimpien muuttujien hälytysarvojen AV ylityksiä ei ole ennustettu Kuervitikon louhosjärven vakaisissa olosuhteissa, kaikissa oletettavissa skenaarioissa. Kalkkikiven lisäämisen sivukiven läjitysalueilta mahdollisesti happaotuottavien sivukiviin ennakoitua merkittävästi parantavan louhosjärvien veden laatua vakaisissa olosuhteissa.

Kosteikot ja lähteet

On ennustettu, että 17 lähdeettä ja arviolta 26 % kosteikosta koko kaivosalueella tullaan pysyvästi poistamaan kaivosinfrastruktuurin vuoksi.

On odotettua, että jäljelle jäävät lähteet ja kosteikot, jotka on peitetty väliaikaisesti kaivostoiminnan ajaksi, palautuvat toiminnan loputtua ennen toimintaa olleisiin olosuhteisiin.

Pohjaveden määrä ja laatu

On ennustettu, että Hannukaisessa arviolta 60 % koko pohjavesikerroksen jalanjälki alueesta on poistettu Hannukaisen kaivoksen toimesta ja edelleen 7 % on peitetty sivukiven läjitysalueen irtomaaksi. Luokka III pohjavesialue tulee säilymään eteläisen altaan alla.

Sivukiven läjitysalueet on siirretty Vaiheeseen 2 niin, että kaivosalueelta ei raportoida vuotoja läntiseen Luokka III pohjavesikerrokseen toiminnan lopettamisen jälkeen ja näin ollen veden laadun tulisi olla lähellä perustilan olosuhteita. On todennäköisempää, että itäisen Luokka III pintavesikerrokset vastaanottavat vettä louhosjärvistä; näillä alueilla veden laatu todennäköisesti heikkenee suotamisen vuoksi, mikä tekee näistä pohjavesikerroksista otetun veden käyttökelvottomaksi ennen esikäsittelyä. Luokka III pohjavesikerros Rautuvaarassa saavuttaa eteläisen altaan veden laadun ja tulee myös tarvitsemaan käsittelyä ennen käyttöönottoa.

11.2 Suositukset

Seuraavia toimia suositellaan Rautuvaaraan:

- Pintavesi:
 - o Jatketaan kaikkien kuuden virtaaman valvontaa mittauspisteillä. Tähän päivään mennessä saatavana oleva tieto (4 kuukautta) esittää, että alueen tärkeimpien jokien alueelliset hydrologiset virtaamaennusteet aliarvioivat todellisen virtaaman. Jokien hydrologisia arviointoja voidaan päivittää ylimääräisillä paikan päälläisillä virtaamatiedoilla, parantaen hydrologisen laadun ja vedenlaadun ennusteita alueella;
 - o Suoritetaan kuukausittaisia vedenlaadun näytteenottoja tärkeimmissä näytteenottopaikoissa (toisin sanoen ne, miksi vedenlaatutavoitteet on valmisteltu) sulavesikauden, yhden tai kahden vuoden ajan. Tämä lisää laskennoissa käytettyjen näytteiden määrää vedenlaatutavoitteissa ja jonka avulla arvioimme kausittaisia vaihteluja virran olosuhteiden vaikutuksesta veden laatuun.
 - o Parantamaan ennusteita kaivosvesien laimentamisesta Muonionjoessa, suosittelemme;
 - Ylimääräisen ADCP-virtausmittauksen matalan virtauksen olosuhteissa. Tämän pitäisi sisältää GPS kartoituksen, joka sallii ADCP tietojen sitoutumisen johdonmukaiseksi korkeustason perustaksi;
 - Laimennustestit joessa korkean ja matalan virtauksen olosuhteissa. Tämä voisi sisältää merkkiaineen ja/tai laahusankkurin päästön; ja
 - Päivitetyn matemaattisen mallinnuksen, joka käyttää uutta kenttätietoa ja ulottuu edelleen mallinnetun alueen purkukohdan alavirtaan.

- o Sääteilyviranomaisten kanssa on käytävä keskusteluja vedenlaatuavoitteiden ja sallitun veden laadun rajoitteiden sopimiseksi. On olemassa myös tarve aloittaa keskustelut liittyen alustaviin laimennusalueisiin Muonionjoen laskukohtaan liittyen. On huomattava, että Muonionjoki on kansainvälinen joki ja keskustelut on käytävä sekä Suomen, että Ruotsin sääteilyviranomaisten kanssa;
- o Analysoidaan tietoja jatkuvan virtauksen valvontapaikalta, jotka on sijoitettu edelleen luonnehtimaan pohjavirtaamia joissa;
- o Hydrauliset yhteydet tutkitaan Valkeajoen, Äkäsjoen ja Saivojärven kosteikkojen välillä;
- o Jatketaan käynnissä olevaa pintaveden laadun valvontaohjelmaa Niesan alueella; ja
- o Jatketaan paikan päällä olevan sääaseman toimintaa. Harkitaan ylimääräisen aseman rakentamista Rautuvaaraan ja / tai sademittarien asentamista tutkimusalueelle antaakseen arviointia alueellisten sadevesimäärien vaihtelussa.
- Pohjavesi:
 - o Useammin tietoja pohjaveden pinnan lähtötasosta määritelläkseen pitkäaikaisten kausittaisien trendien ja vasteajan vaihtelut Hannukaisen alueella;
 - o Lisäksi pohjatutkimuksia, mukaan lukien pohjaveden laadun valvonta määrittääkseen varmuudella syyn kohonneeseen sulfaattiin SP305, SP310 ja HAN11HYDRO1(D);
 - o Toteutetaan säännöllisesti vedenkorkeuden seuranta ja veden laadun näytteenottoa kaikissa hydrogeologisissa havaintoputkissa RAU12HYD- ja Geologian tutkimuslaitoksen GTK havaintoputkissa.
 - o Jatketaan pohjaveden paineen ylläpitämistä muuntajalla ja jos mahdollista laajennetaan muuntajien verkostoa sisältämään lokityökalun sekä matalaan, että syvään painemittariin kussakin kaivossa;
 - o Porataan yksittäinen syvä ja matala kaivo seurantapaikkaan hydrologiselle havaintoputkelle RAU12HYD12 ollakseen varma, että vastineena kuormittavalle maakerrokselle ja peruskallion pohjavesikerroksille niitä valvotaan itsenäisesti ja paremmin luonnehditaan hydrologiset olot tällä alueella yhdessä pintavesien seurannan kanssa;
 - o Porataan yksi syvä (enemmän kuin 100 metriä) kaivo hydrologisen havaintoputken RAU12HYD25 läheisyyteen hydraulisten ominaisuuksien luonnehtimiseksi syvässä, rapautumattomassa peruskalliossa tässä paikassa ja myös sen toimiakseen pohjaveden näytteenottopaikkana tunnistamaan olemassa olevia saastumia syvässä pohjavesikerroksissa Rautuvaaran alueella;
 - o Sisällytetään löydökset Helsingin Yliopiston tutkimukseen pohjaveden tiedoista kehittämään hydrogeologisen mallin Niesan alueelle;
 - o Laajennetaan numeerinen pohjavesimallinnus vastaamaan kehitystä käsitteellisessä mallissa. Tämä voi johtaa vaihteluihin kuormittavan maakerroksen paksuudessa, reunaehtoien jalostamiseen rajoittamaan mallin laajuutta niin, että se on pikemminkin paikallinen mallinnus Niesan alueesta, kuin alueellinen pienoismalli, parantuneisiin arvioihin järven kerrostuman

konduktanssista käyttäen apunaan kenttätietoa aina, kun mahdollista sedimentin hydraulista ominaisuuksista, määrittämään pintavesien sisään- ja ulosvirtauksia pohjois- ja eteläaltaista nykyisissä olosuhteissa; ja

- o Materiaalien vaimennustestaus sivukiven läjitysalueella mahdollisesti happoa tuottavien sivukivien pohjaveden virtaustien määrittämiseksi mahdollisen kuparin ja muiden metallien vaimentamiseksi sivukiven läjitysalueen suotovesissä.

On suositeltua, että lisätutkimukset harkitsevat seuraavia vaihtoehtoja ehdotetun Rautuvaaran rikastushiekka-altaan hallinnoimiseen:

- Hannukaisen rikastushiekkojen vedenlaatuennusteiden lähdearvojen korkean herkkyyden vuoksi sekä mahdollisella vaikutuksella, mikä tällä on vastaanottavien vesistöjen vedenlaatuun, on suositeltua, että LIMS-magneettieroteltu rikastushiekka ja korkearikkisten rikastushiekkojen lähdearvot otetaan huomioon alueen erityisissä hydrologisissa olosuhteissa. Rikastushiekka-alueiden suunnittelun vaikutukset ja rikastushiekan huuhtoutumisominaisuudet otetaan huomioon viimeisimmässä metallurgian testauskierroksessa;
- Mahdollista saasteiden laimentamista tulee tutkia imeytymisen, mineraalien tasapainottamisen ja virtaamareitin saostumien kautta. Tämän tulisi sisältää mahdollisen uraanimineraalin valvonnan vanadiinin sisällyttämisellä vedenlaatatietoihin tulevista analyyseistä;
- Korkearikkisen rikastushiekan takaisin siirtämisen kannattavuutta ja mahdollisia hyötyjä Hannukaisen louhokseen kuljettimien avulla;
- Neutralisoivien aineiden korkearikkisiin rikastushiekkoihin paikan päällä lisäämisen kannattavuutta ja mahdollisia hyötyjä happamien suotovesien syntymisen estämiseen;
- Mahdollisten kehitysten arviointi vedenkäsittelytuloksiin Hannukaisen kaivoksella tärkeimpien veden laadun muuttujien kuormituksen vähentämiseksi, joiden ennakoitua olevan korkeat Muonionjoessa;
- Parannukset Hannukaisen vedenkäsittelysuunnitelmaan tunnistamaan, jos veden virtaamia Muonionjokeen voidaan vähentää talvikuukausina ja tunnistamaan virtaamat ja virtaamareitit rankkasade olosuhteissa. On ehdotettu, että kaivosalueen vesitasapaino yhdistetään laimentumismalleihin koskien purkautumisen vaikutuksia vastaanottavaan ympäristöön, jotta alueen vesitasomallinnuksella on parempi integraatio. Vesitasetyökalut, kuten GoldSim mahdollistaa suurten vesitasemallien kehittämisen yhdessä mallinnusympäristössä;
- Parannukset Rautuvaaran rikastushiekka-altaan vesitaseeseen lopettamisvaiheelle. Nykyiset virtaamaennusteet rikastushiekka-altaalta perustuvat tietoon Pöyryltä. Nämä virtaamat vaikuttavat korkeilta (erityisesti talven aikana) ja vesitaseen tarkastelu tulisi suorittaa yhdessä edellisessä kohdassa hahmotellun mallinnustyön kanssa;
- Mahdollisten passiivisten ja aktiivisten käsittelymahdollisuuksien tarkastelu Rautuvaaran eteläaltaan sulkemisen jälkeiselle lieventämiselle;
- Mahdollisten lieventämistoimenpiteiden tarkastelu, joita voidaan käyttää purkautumisen vähentämiseen Rautuvaaran korkearikkisiltä rikastushiekka-alueilta, mukaan lukien

pitkävaikutteinen käsittely, neutralisointi ja vaihtoehtoiset päällystys ja sijoitusvaihtoehdot; ja

- Sulkemisen jälkeen veden suoraan Muonionjokeen johtamisen jatkamisen kannattavuus Niesajoen vedenlaadun heikkenemisen välttämiseksi.

12 LÄHDELUETTELO

ANZECC & ARMCANZ, 2000. Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. National Water Quality Management Strategy Paper No 4, volume 1. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra, Australia.

Bouwer, H. and R.C. Rice 1976. A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. *Water Resources Res.* Vol. 12, pp. 423-428.

Butler, J.J., Jr. and X. Zhan, 2004. Hydraulic tests in highly permeable aquifers, *Water Resources Research*, vol. 40, W12402, doi:10.1029/2003WR002998.

CCME. Canadian Environmental Quality Guidelines Summary Table, 2012. Available from: <http://st-ts.ccme.ca/>

Cooper, H.H., J.D. Bredehoeft, and I S . Papadopoulos 1967. Response of a finite-diameter well to an instantaneous charge of water. *Water Resources Res.*, Vol. 3, pp. 263-269.

Dzombak, D.A and Morel, F.M.M. (1990), *Surface Complexation Modeling: Hydrous Ferric Oxide*, Wiley-Interscience, New York, 393 pp.

Erikson, N. 2012. Feasibility Study – Tailings and Tailings Water Characterisation - Hannukainen iron ore project Finland. February 2012.

EU, 2006. DIRECTIVE 2006/44/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life.

EU, 2008. DIRECTIVE 2008/105/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council.

Golder, 2012. Phase 1 ESA of the former Rautuvaara iron mine area.

Government of British Columbia 2012. Water Quality Guidelines Criteria Reports. Available from: http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/wq_guidelines.html

GTK, 2010a. Evaluation of the Rautuvaara Tailings Impoundment for Further Use.

GTK, 2010b. Preliminary mineral resource assessment and 3D modelling of the Cu-Rautuvaara deposit, Kolari, Northern Finland.

Harbaugh, A.W. and McDonald, M.G., 1996. Programmer's documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow

model: U.S. Geological Survey Open-File Report 96-486, 220 p.

Hatch, 2010. Northland Resources SA Hannukainen PEA Project Study Report

Hiltunen, A., 1982. The Precambrian geology and skarn iron ores of the Rautuvaara area, northern Finland. Bulletin-Geological Survey of Finland 318. 133 pp.

Holma, M., Niiranen, T., Eloranta, T., Heilimo, V., 2008. Interpretation of Northland/s 2007 drilling program of the Kuervitikko IODG deposit, with some thoughts and recommendations for future study.

Hvorslev, M.J., 1951. Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations, Bull. 36, Waterways Exper. Sta. Corps of Engrs, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, pp. 1-50.

Hyder, Z, J.J. Butler, Jr., C.D. McElwee and W. Liu, 1994. Slug tests in partially penetrating wells, Water Resources Research, vol. 30, 11, pp. 2945-2957.

LVT, 2008. Vegetation and Nature Type Surveys of the Kolari Mining Project Areas.

LVT, 2011. Vegetation at Niesa Area, Preliminary Survey in 2011.

Narhi, P., Raisanen, M. L., Sutinen, M., & Sutinen, R., 2012. Effect of tailings on wetland vegetation in Rautuvaara, a former iron-copper mining area in northern Finland.

Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. & Leppänen, T., 1992. Vesitutkimusten naytteenottomenetelmat. Vesi- ja ymparistohallinnon julkaisuja – sarja B 10. Helsinki: p.65 & Appendices.

Paavo Närhi, P., Räisänen, M., Sutinen, M. & Sutinen, R., 2012. Effect of tailings on wetland vegetation in Rautuvaara, a former iron–copper mining area in northern Finland. J. Geochem. Explor. (2012), doi:10.1016/j.gexplo.2012.03.005

Niiranen, T., Poutianen, M., & Manttari, I., 2007. Geology, geochemistry, fluid inclusion characteristics, and U-Pb age studies on iron oxide-Cu-Au deposits in the Kolari region, northern Finland. Ore Geology Reviews 30 (2007) 75-105

Nils Erikson, 2011. Assessment of leakage to groundwater from Hannukainen TMF during the operational period

Northland, 2011a. Surface Water Baseline Study of Sahavara, Tapuli, Hannukainen, Rautuvaara and Äkäsjokisuu Project Areas. DRAFT REPORT.

Northland Resources, 2011b. 111102_EIA_Baseline_fish_v3-mx (Projectplace_81853).

Pöyry 2010. Hannukaisen rautakaivosshanke Ympäristövaikutusten arviointiohjelma.

Pöyry, 2012a. Site Water Balance Water Management Plan, Hannukainen DFS.

Pöyry, 2012b. TMF CONSTRUCTION AND OPERATION SCHEDULE.

Pöyry, 2012c. Site water balance water management plan. Hannukainen DFS Phase 2.

Pöyry. 2013. Pre-Engineering Report: Water Treatment. 2013. Hannukainen DFS Phase 2 Project. Report Prepared for Northland Mines Oy. 16FCI1018-E0037.

Puro-Tahvanainen. A., Viitala. L., Lundvall, D., Brännström, G. & Lundstedt, L., 2001. Torne – vesistön tila ja kuormitus (The River Tornio – state and loading of river system). Regional environmental publications 95, County Administrative Board of Norrbottens Report series Number 3/2001. Lapland Regional Environment centre, Rovaniemi, and County Administrative Board of Norrbotten. 242 pp.

Ramboll, 2012a. 10.9_Baselines_Fish_Final.

Ramboll, 2012b. Water Quality Objectives. Provided to SRK and Kaya as Excel Spreadsheet Documents.

Salonen, V., Korkka-Niemi, K., Moreau, J., Hyttinen, O., Howett, P. & Savolainen, T., 2012. The Rautuvaara groundwater chemistry, 3D sedimentology and conceptual groundwater modelling study. 2nd Progress report for Northland Mines Oy.

SMHI Swedish Meteorological and Hydrological Institute (2012) Vatten Web. Available from: <http://vattenweb.smhi.se/>

Springer, R.K. and L.W. Gelhar, 1991. Characterization of large-scale aquifer heterogeneity in glacial outwash by analysis of slug tests with oscillatory response, Cape Cod, Massachusetts, U.S. Geol. Surv. Water Res. Invest. Rep. 91-4034, pp. 36-40.

SRK, 2011. Open Pit Mine Water Management Study, Hannukainen DFS, Finland.

SRK, 2012a. Hydrological Impact Assessment for the Hannukainen Iron Ore-Copper_Gold Project, Finland.

SRK, 2012b. Rautuvaara Hydrological Impact Assessment – Phase 4 Interim Report.

SRK, 2012c. Open Pit Mine Water Management Study, Hannukainen Phase 2 DFS, Finland.

United States Environmental Protection Agency, 2012. National Recommended Water Quality Criteria. Available from: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/current/index.cfm>

SRK. 2012c. U3920 - Kaunisvaara peat attenuation testwork Phase 3 Update – Memorandum to Northland Resources AB– May 2012

For and on behalf of SRK Consulting (UK) Limited

This signature has been scanned. The author has given permission to its use for this particular document. The original signature is held on file.

Sarah Lyle,
Consultant, Hydrogeology

This signature has been scanned. The author has given permission to its use for this particular document. The original signature is held on file.

Tony Rex
Corporate Consultant, Hydrogeology

SRK Consulting (UK) Limited

SRK Consulting (UK) Limited

LIITE

A PINTAVEDEN LUOKITUS

LIITE

B PINTAVEDEN MITTAUSKÄYRÄT

LIITE

C PINTAVEDEN MALLINNUS

LIITE

D KAIRAUSPÖYTÄKIRJAT

LIITE

E SLUG TESTIN ANALYYSI

LIITE

F POHJAVEDEN LAATUA KOSKEVAT TIEDOT

LIITE

G POHJAVEDEN ELPYMISEN ARVIOINTI

LIITE

H POHJAVEDEN PINNAN SEURANTA

LIITE

I POHJAVESIMALLINNUS

LIITE J

J GEOKEMIAALLINEN MALLINNUS

LIITE K

K KEINOTEKAINEN LOUHOKSEN TÄYTTÖ