

TALVIVAARA SOTKAMO OY

Pohjois-Suomen aluehallintoviraston täydennyspyyntö:

Esitettyyn malliselvitykseen pohjautuva tarkentava arvio vesien johtamisesta aiheutuvien veden laadun muutosten vaikutuksista kohdevesistöjen ekologiaan, kalatalouteen ja vesistön muuhun käyttöön

Dnro: PSAVI/12/04.08/2013

Sisältö		1
1	TAUSTATIEDOT JA TOIMEKSIANTO	3
2	SULFAATTIKUORMITUS JA VEDEN LAATU	3
2.1	Sulfaattikuormitus	3
2.2	Veden laatu	4
3	SULFAATIN HAITALLISUUS	7
4	VIRTAAMAT JA METALLIEN KULKEUTUMINEN	8
5	ARVIO LISÄJUOKSUTUSTEN VAIKUTUKSESTA VESISTÖN EKOLOGISEN TILAAN	11
5.1	Kasviplankton	11
5.1.1	Kasviplanktonyhteisön nykytila	11
5.1.2	Arvio tilan kehityksestä	12
5.2	Piilevät	13
5.2.1	Piileväyhteisöjen nykytila	13
5.2.2	Arvio tilan kehityksestä	14
5.3	Pohjaeläimet	15
5.3.1	Järvet	15
5.3.2	Virtavedet	16
5.3.3	Ylijäämävesien juoksutusten arvioidut vaikutukset	17
5.4	Kalasto ja kalatalous	18
6	ARVIO LISÄJUOKSUTUSTEN VAIKUTUKSISTA VESISTÖN KÄYTTÖÖN	19
7	VIITTEET	20

Liite 1. Vedenlaatutietoja Oulujoen suunnalta

Liite 2. Vedenlaatutietoja Vuoksen suunnalta

Pöyry Finland Oy

Kari Kainua, FM

Jaakko Saukkoriipi, FT

Eero Taskila, FM

Eeva-Leena Anttila, FM

Pekka Majuri, FM

Pirkko Virta, FM

Yhteystiedot

PL 20, Tutkijantie 2 A

90571 Oulu

puh. 010 33280

sähköposti etunimi.sukunimi@poyry.com

Copyright © Pöyry Finland Oy

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

Copyright © Pöyry Finland Oy

Vastuuvapauslauseke

Pöyry Finland Oy ("Pöyry") pidättää kaikki oikeudet tähän raporttiin. Raportti on luottamuksellinen ja laadittu yksinomaan Talvivaara Sotkamo Oy:n ("Asiakas") käyttöön. Raportin käyttö muiden kuin Asiakaan toimesta ja muuhun kuin Asiakkaan ja Pöyryn välisessä sopimuksessa tarkoitettuun tarkoitukseen on sallittu ainoastaan Pöyryn etukäteen antaman kirjallisen suostumuksen perusteella. Raportti on laadittu noudattaen Pöyryn ja Asiakaan välisen sopimuksen ehtoja. Pöyryn tähän raporttiin liittyvä tai siihen perustuva vastuu määräytyy yksinomaan kyseisten sopimusehtojen mukaisesti.

Laskelmat perustuvat olennaisilta osin Pöyryn Asiakkaalta, kolmansilta osapuolilta tai ulkopuolisista lähteistä saamiin tietoihin. Pöyry ei ole tarkistanut minkään Asiakkaalta, kolmansilta osapuolilta tai ulkopuolisista lähteistä saadun ja raportin laatimiseen käytetyn tiedon oikeellisuutta tai täydellisyyttä, koska se ei ole kuulunut Pöyryn toimeksiannon laajuuteen. Pöyry ei anna raportin perusteella tai siihen liittyen mitään vakuutusta (nimenomaista tai konkludenttista) eikä vastaa sen sisältämien tietojen ja arvioiden oikeellisuudesta. Raportti sisältää lisäksi tulevaisuutta koskevia lausuntoja, jotka perustuvat tämänhetkisten tietojen perusteella tehtyihin arvioihin tulevasta kehityksestä ja sisältävät oletuksia tulevasta kehityksestä. Pöyry ei vastaa miltään osin näiden tulevaisuutta koskevien lausuntojen sisällöstä, täsmällisyydestä tai toteutumisesta.

Pöyry ei vastaa kolmannelle osapuolelle tämän raportin käyttämisen tai siihen luottamisen perusteella aiheutuneesta haitasta taikka mistään välittömästä tai välillisestä vahingosta.

1 TAUSTATIEDOT JA TOIMEKSIANTO

Talvivaara Sotkamo Oy (jäljempänä ”Talvivaara”) haki marraskuun alussa sattuneen kipsisakka-altaan vuodon vuoksi Kainuun ELY-keskukselta lupaa käsitellä ja johtaa kaivosalueelle varastoituja vesiä luontoon 3,8 miljoonaa m³. Kainuun ELY-keskus antoi 12.2.2013 kaivokselle luvan (Dnro KAIELY/5/07.00/2010) kaivosalueella varastoitujen vesien tilapäiseen käsittelyyn ja johtamiseen luontoon tietyin ehdoin. Luvan mukaan käsiteltäviä vesiä saadaan johtaa sekä Vuoksen että Oulujoen suuntaan kumpaankin enintään 900 000 m³. Päätöksen mukaan johtaminen Vuoksen vesistöalueen suuntaan tulee mahdollisuuksien mukaan järjestää niin, että vedet johdetaan Ylä-Lumijärven ohi, että järven pohjaan kerrostuneet metalliyhdisteet eivät vesien johtamisen vaikutuksesta kulkeudu alapuolisiin vesistöihin. Päätös on voimassa 30.6.2013 asti, ellei Pohjois-Suomen aluehallintovirasto (P-S AVI) ratkaise asiaa aiemmin täytäntöönpanokelpoisella päätöksellä.

Talvivaara Sotkamo Oy on hakenut Pohjois-Suomen aluehallintovirastolta lupaa johtaa luontoon em. hakemuksen mukaisesti vielä loput 2 milj.m³ käsiteltäviä vesiä, joille Kainuun ELY-keskus ei myöntänyt lupaa. P-S AVI on pyytänyt Talvivaaraa täydentämään hakemustaan mm. seuraavalla selvityksellä:

Esitettyyn malliselvitykseen pohjautuva tarkentava arvio vesien johtamisesta aiheutuvien veden laadun muutosten vaikutuksista kohdevesistöjen ekologiaan, kalatalouteen ja vesistön muuhun käyttöön

Tässä lausunnossa arvioidaan Pöyry Finland Oy:n laatiman sulfaattimallinnuksen perusteella edellä mainittuja AVI:n vaatimia täydentäviä asioita. Tarkastelu perustuu kaivoksen kuormitushistoriaan, vesistöjen veden laatuun ja biologisen tarkkailun tuloksiin.

Juoksutukset alkavat pohjoiseen viikolla 9 ja etelään todennäköisesti viikon 10 lopulla. Juoksutukset alkavat noin kuukautta myöhemmin kuin mallinnusraportin lähtötiedoissa oli arvioitu ja näin olleen myös kevään arvioitu sulfaattipiikki siirtyy myöhemmäksi.

Kainuun ELY:n edellä mainitussa päätöksessä on annettu raja-arvot vesistöön johdettavien vesien nikkeli-, kupari- ja sinkkipitoisuuksille sekä pH:lle. Veden pH saa olla 6 – 10 johtamisajan virtaamapainotteisena kuukausikeskiarvona, mutta ei saa ylittää arvoa 11.

Lausunto pohjautuu Talvivaaran vesistö tarkkailutuloksiin ja tähän asti vesistöissä havaittuihin vaikutuksiin, ELY-keskuksen päätöstä varten tehtyihin sulfaattipitoisuutta koskeviin mallilaskelmiin sekä kirjallisuustietoihin metalli- ja sulfaattipitoisten jätevesien vaikutuksista vesistöissä. Lausuntoon liittyy joitakin epävarmuustekijöitä, joita on esitetty mallinnusraportissa (Pöyry Finland Oy 2013).

2 SULFAATTIKUORMITUS JA VEDEN LAATU

2.1 Sulfaattikuormitus

Kaivoksen jätevesien johtaminen jälkikäsitteily-yksiköille alkoi vuoden 2009 lopussa ja tuolloin kuormitus jäi vähäiseksi. Suurimmillaan jälkikäsitteily-yksiköille johdettu

kuormitus on ollut vuonna 2010, noin 20 000 tonnia. Kuormitus on jakautunut likimain tasan Oulujoen ja Vuoksen suuntiin.

Kipsisakka-altaan vuoto aiheutti Talvivaaran arvion mukaan Oulujoen suuntaan noin 500 tonnin ja Vuoksen suuntaan noin 2700 tonnin sulfaattikuormituksen (Taulukko 1), kun vesiä jouduttiin johtamaan Oulujoen suuntaan noin 20 000 m³ ja Vuoksen suuntaan noin 216 000 m³ (Talvivaara, lupahakemuksen täydennys 15.2.2013). Kipsialtaan ulkopuolelle vuotanut allasvesi oli hapanta (pH noin 3) ja veden sulfaatti- ja metallipitoisuudet olivat normaaleihin purkuvesien pitoisuuksiin nähden korkeita.

Esitetty arvio ylijäämävesien (3,8 milj.m³) juoksutuksen aiheuttamasta sulfaattikuormituksesta perustuu kaivokselta mallinnusta varten saatuihin lähtötietoihin. Vuoksen suunnalle lisäjuoksutusten aikana (n. 65 d) päätyvä sulfaattikuormitus on noin 9 000 tonnia, mikä on hieman pienempi kuin kyseiseen suuntaan arviolta koko vuoden 2010 aikana päätynyt sulfaattikuormitus. Oulujoen suuntaan päätyvä sulfaattikuormitus on noin 9 400 kg 100 päivän aikana, eli samaa tasoa kuin Oulujoen suuntaan vuonna 2010 päätynyt kuormitus.

Taulukko 1 Talvivaaran kaivoksen sulfaattikuormitus.

Sulfaattikuormitus	t/a	
	t/jakso	t/d
2010	20 385	56
2011	17 034	47
2012	5 584	15
Arvio, kipsisakka-altaan vuoto		
Kipsiallasvuoto, Oulujoen suunta 4.11.-12.11.-12	500	56
Kipsiallasvuoto, Vuoksen suunta 4.11.-12.11.-12	2 700	300
Arvio, maaliskesäkuu 2013		
Oulujoen suunta		
Lone* maaliskesäkuu -13 (n. 100 d)	3 600	36
Ylijäämävedet, Salminen-Kalliojärvi (28 d)	400	14
Ylijäämävedet, avolouhos, Kolmisoppi (94 d)	5 400	57
Yhteensä Oulujoen suunta (n. 100 d)	9 400	94
Vuoksen suunta (65 d)	9 000	138

* Lone = loppuneutraloinen ylitevesi

2.2 Veden laatu

Talvivaaran päästöjen vaikutuksesta lähijärvet, Salminen ja Kalliojärvi Oulujoen suunnalla ja Kivijärvi Vuoksen suunnalla, ovat voimakkaasti kerrostuneet suolaisuuden suhteen, mikä on nähtävissä korkeina alusveden sulfaattipitoisuuksina (liitteet 1 ja 2) ja sähkönjohtavuuksina sekä hapettomuutena. Järvissä ei ole tapahtunut normaalia kevät- ja syystäyskiertoja kaivostoiminnan aloittamisen jälkeen. Ylä-Lumijärvi on matala järvi heti eteläisen jälkikäsitteily-yksikön alapuolella, joten vedenlaadun vaihtelu järvessä on ollut voimakasta (liite 2). Järvien pintakerroksessa pitoisuudet lähtivät laskuun vuonna 2011. Alempana Oulujoen suunnalla Kolmisopessa ja Jormasjärvessä ja Vuoksen suunnalla Laakajärvessä kerrostumisilmiötä ei ole havaittu, mutta kohenneita sulfaattipitoisuuksia vesissä on todettu.

Ylijäämävedet käsitellään kalkilla (Ca(OH)₂) ennen vesistöön johtamista. Käsitteilyn tarkoituksena on mahdollistaa vedessä olevien metallien saostuminen, joten merkittävää suoraa metallikuormitusta kaivosalueen alapuolisiin vesiin ei arvioida aiheutuvan. Yli-

jäämaveden mangaanipitoisuus voi tosin olla koholla, mikäli pH-taso ei kalkituksessa nouse tarpeeksi emäksiselle tasolle. Optimaalinen pH mangaanin saostamiselle hydroksidina on ≥ 10 . Purettaessa vesistöön vedet ovat näin selvästi emäksisiä. Lupaehtojen mukaisesti purkuvesien pH ei saa kuitenkaan nousta yli 11. Ylijäämävesien emäksisyydestä johtuen vesien juoksuttamisen ei myöskään arvioida aiheuttavan metallien liukenemisriskiä kipsisakka-altaan vuodon yhteydessä kaivosalueen alapuolisiin vesiin laskeutuneesta sakasta. Vuodon jälkeen alapuolisten vesien suvantoihin, syvänteisiin, yms. laskeutunut kipsi-/metallihydroksidisakka voi tosin lähteä liikkeelle tulvavesien ja myös ylijäämävesien juoksuttamisen aiheuttaman hydraulisen kuorman kasvun seurauksena. Kalkitsemisen johdosta ylijäämävesi on kokonaiskovuudeltaan myös erittäin kovaa.

Oulujoen suunta

Salmisen sulfaattipitoisuus on ollut vuosina 2010–12 päänlyysvedessä keskimäärin 500 – 2 260 mg/l (maks 5 800 mg/l) ja alusvedessä 4 700 – 9 170 mg/l (maks 11 000 mg/l) ja Kalliojärven päänlyysvedessä 900 – 1 230 mg/l (maks 2 200 mg/l) ja alusvedessä 1 430 – 4 200 mg/l (maks 4 900 mg/l) (liite 1). Kalliojoessa sulfaattia on ollut enimmillään 500 mg/l. Kolmisopessa kerrostuminen on selvästi vähäisempää ja sulfaattipitoisuus on ollut koko vesimassassa keskimäärin tasoa 40 – 200 mg/l, enimmillään pohjan lähellä 270 mg/l ja Tuhkajoessa 66 – 152 mg/l (maks 180 mg/l), korkeimmillaan vuonna 2011. Jormasjärven Talvilahdella (Jor5) sulfaattia on ollut vuosina 2010-12 pintakerroksessa keskimäärin 13 – 49 mg/l ja alusvedessä 13 – 73 mg/l (maks 120 mg/l v. 2012). Jormasjärven keskiosalla sulfaattipitoisuudet ovat olleet samaa tasoa kuin Talvilahdella, paitsi pohjan lähellä noin 10 – 15 mg/l pienempiä.

Ylijäämävesien juoksutusten aikana Salmiseen tulevien vesien sulfaattipitoisuudet ovat suuruusluokkaa 3 000 – 4 000 mg/l (Pöyry Finland Oy 2013). Mallitarkastelun perusteella juoksutusten aikana Salmisen päänlyysveden pitoisuudet nousevat arviolta tasolle 2 000 mg/l eli vuosien 2010–11 keskimääräiselle tasolle. Mikäli kerrostuneisuus purkautuisi jääkannen sulettua ja alusvesi sekoittuisi koko vesimassaan, tarkoittaisi tämä noin 5 000 – 6 000 mg/l laskennallista pitoisuutta.

Kalliojärvessä juoksutusten aikana ylijäämävesien ja Lone-ylitteen yhteisvaikutus nostaa Kalliojärven sulfaattipitoisuuden hetkellisesti yli 4 000 mg/l eli lähes nelinkertaiseksi päänlyysvedessä ja alusvedessä viime vuosien tasolle. Mahdollista on myös, että erot sulfaattipitoisuuksissa pinnan ja pohjan välillä tasaantuvat. Mikäli Salmisen kerrostuneisuus purkautuu, tulovedet voivat olla tasoa 5 000 – 6 000 mg/l, jollaisia pitoisuuksia myös Kalliojärvessä päänlyysvedessä voidaan mitata. On todennäköistä, että sekoittumisen jälkeen järvet kerrostuvat uudelleen sulfaattipitoisten vesien konsentroituuessa pohjalle ja puhtaampien sivuvesien virratessa alusveden päällä.

Kolmisoppijärvi ei ole kerrostunut vastaavalla tavalla kaivostoiminnan aikana, vaikka alkuvaiheessa sulfaattipitoisuudet poistovesissä olivat erittäin korkeita. On ilmeistä, että kerrostuminen ei muodostu järvessä kovin voimakkaaksi, vaan kesällä vesi sekoittunee kohtuullisen hyvin. Kolmisopen laskennalliset pitoisuudet voivat näin nousta juoksutusten aikana hetkellisesti lähelle Kalliojärven purkautumiskohdan pitoisuuksia yli 1000 mg/l:n, kesäisten pitoisuuksien asettuessa tasolle 300–500 mg/l eli korkeammiksi kuin mitä järvessä on tähänastisen kuormitushistorian aikana mitattu (maks 200 – 270 mg/l). Sulfaattikuorman kasvaessa merkittävästi myös Kolmisopen suolakerrostuminen on mahdollista ainakin hetkellisesti.

Tuhkajoen sulfaattipitoisuudet noudattelevat Kolmisopen pitoisuutta ja sen vaihtelua, joskin maksimipitoisuus Tuhkajoessa jäänee selvästi pienemmäksi, arviolta tasolle 500 – 600 mg/l, kun taso on ollut viime vuosina noin 70 – 180 mg/l.

Jormasjärven sulfaattipitoisuuden arvioidaan nousevan ylijäämävesien juoksutuksen seurauksena kesällä tasolle 60 – 100 mg/l. Jormasjärven syvänteissä sulfaattipitoisuus nousee korkeammaksi, arviolta tasolle 120–170 mg/l. Keväällä Tuhkajoen suualueella pitoisuudet ovat arviolta korkeampia, yli 250 mg/l. Jormasjärvestä purkautuvan veden sulfaattipitoisuus liikkune laskelmien mukaan tasolla 50–70 mg/l. Jormasjärven ei arvioida syntyvän pysyvää kerrostuneisuutta eikä siten esimerkiksi voimakasta happitilanteen heikkenemistä nykyisestä tai metallien vapautumista sedimentistä. Jormasjärvestä lähtevässä vedessä ylimääräisten vesien aiheuttama laskennallinen sulfaattipitoisuuden nousu tulee olemaan kesästä 2013 kevääseen 2014 tasoa 15 – 20 mg/l.

Vuoksen suunta

Ylä-Lumijärven veden laadun vaihtelu on ollut suurta johtuen sen sijainnista lähellä kuormituslähdettä sekä järven mataluudesta ja pienestä vesitilavuudesta. Ylä-Lumijärven sulfaattipitoisuus on ollut vuosina 2010–12 keskimäärin tasoa 1 100 – 3 900 mg/l ja suurimmillaan noin 5 400 – 12 000 mg/l ja pohjan lähellä suurimmillaan patoturman jälkeen 18 000 mg/l (liite 2). Lumijoessa sulfaattia on ollut keskimäärin 870 – 3 200 mg/l ja enimmillään 3 700 – 8 500 mg/l. Kivijärven pitoisuuksissa on ollut suurta vaihtelua näytteenotto paikasta ja sen syvyydestä riippuen. Suurimmat sulfaattipitoisuudet on todettu usein järven pohjoisosan syvänteessä, vaikka piste ei sijaitse Lumijoesta tulevien vesien välittömällä purkureitillä. Kivijärven päällyksivedessä sulfaattipitoisuudet ovat olleet vuosina 2010–12 tasoa 270 – 970 mg/l, suurimmillaan 1 200 mg/l ja pohjoisosan alusvedessä tasoa 600 – 3000 mg/l ja Kivijärven keskiosan alusvedessä allasvuodon jälkeen vuonna 2012 yli 6 000 mg/l.

Laakajärven tullessa pitoisuudet laskevat selvästi ja pohjoisosalla sulfaattipitoisuudet ovat olleet vuosina 2010–12 pintakerroksessa keskimäärin tasoa 50–130 mg/l (maks 150 mg/l) ja alusvedessä tasoa 130–190 mg/l (maks 530 mg/l). Laakajärven keskiosalla sulfaattipitoisuus on ollut keskimäärin 35–70 mg/l ja alusvedessä < 100 mg/l (maks 210 mg/l).

Ylä-Lumijärven nopeasta vesien vaihtumisesta johtuen pitoisuudet noudattelevat laskennallisia pitoisuuksia eli pysyivät juoksutusten aikana noin 4 000 mg/l:n tasolla (Pöyry Finland Oy 2013). Ylijäämävedet tullaan ohjaamaan Ylä-Lumijärven ohi, joten Lumijoessa sulfaattipitoisuuksien arvioidaan olevan tasoa 4000–5000 mg/l. Kivijärven tilanne on mutkikkaampi. Kivijärven luusuan läheisyydessä havaintopaikalla Kiv7 päällyksiveden pitoisuudet ovat olleet suhteellisen pieniä ja alusvedessä erittäin korkeita. Tämä johtuu sulfaattipitoisten vesien virtaamisesta pohjanläheisesti ja sivuvesien virratessa tämän kerroksen ylitse. Tulovesien pitoisuudet eivät merkittävästi muutu, joskin niiden määrä kasvaa, mikä voi murtaa osaltaan kerrostuneisuutta päällyks- ja alusvesien välillä. Osa vesistä kiertää Kivijärven pohjukkaan, missä kerrostuneisuus jatkuu ja päällyksveden pitoisuudet kasvanevat selvästi, arviolta tasolle 2 000 – 3 000 mg/l. Myös syvänteiden kohdalla päällyksveden pitoisuudet voivat nousta tasolle 3 000 – 4 000 mg/l ja alusvedessä tätäkin korkeammalle tasolle.

Kivijärvestä purkautuu Laakajärven juoksutusten aikana vesiä, joiden sulfaattipitoisuus voi olla useita tuhansia mg/l. Kivijoessa sulfaattia on todettu kipsiallasvuodon jälkeen enimmillään marraskuussa 240 mg/l. Kivijärven palautuminen lisävesien juoku-

tuksesta kestää läpivirtausluonteesta johtuen seuraavan vuoden puolelle. Kesäiset pitoisuuden nousut ovat Kivijärvessä luokkaa 20 mg/l.

Laakajärvessä kevättalven juoksuusten aikana pitoisuudet voivat hetkellisesti nousta järven pohjoisosassa jääpeiteaikana tasolle 1 000 – 1 500 mg/l. Näin suuret pitoisuudet kasvattavat veden tiheyttä, joten ainakin jääpeiteaikana vedet hakeutuvat suuremman tiheydensä vuoksi Laakajärven alusveteen. Päälyysvedessä mitattaneen selvästi pienempiä pitoisuuksia. Hetkellisen kerrostuneisuuden arvioidaan kuitenkin purkautuvan kevättäyskierron yhteydessä jääkannen hävittyä, jonka jälkeen pitoisuudet noudattelevat mallin laskemia pitoisuustasoja eli kesällä pitoisuudet liikkunevat tasolla 50 – 80 mg/l. Pitkästä viipymästä johtuen suolapulssin aiheuttama nousu on vuonna 2014 tasoa 5 – 10 mg/l ja vuonna 2015 muutamia mg/l. Osittain sulfaattia varastoituu alusveteen, joten vesien laimeneminen alusveden osalta voi olla hitaampaa kuin mitä mallilaskelmissa on arvioitu. Suolaisten vesien määrän lisääntyminen jatkaa ja voi osittain voimistaa kerrostumisilmiöitä. Laakajärvestä lähtevässä vedessä ylimääräisten vesien aiheuttama laskennallinen sulfaattipitoisuuden nousu tulee olemaan kesästä 2013 kevääseen 2014 tasoa 20 – 45 mg/l ja vielä keväällä 2015 tasoa 5 mg/l.

Mallinnuksen epävarmuustekijöitä on tarkastelu lähderaportissa (Pöyry Finland Oy 2013).

3 SULFAATIN HAITALLISUUS

Sulfaatin suorista vesistöhaitoista merkittävin on vesien suolaantuminen ja sen aiheuttama vesien mahdollinen kerrostuminen. Sulfaatti ei ole sellaisenaan toksinen yhdiste, vaikkakin eräät vesikasvit ja eliöt ovat sille herkkiä. Suurissa pitoisuuksissa (useita tuhansia mg/l) sulfaatista on todettu olevan haittaa myös kaloille (Singleton 2000). Raja-arvoja tulkittaessa on kuitenkin hyvä muistaa, että ne ovat sulfaatin suhteen laskennallisia ja voimakkaasti riippuvaisia altistuskokeissa käytetyn suolan (Na_2SO_4 , CuSO_4 , yms.) kationiosasta ja esimerkiksi kupari on itsessään myrkyllinen suurissa pitoisuuksissa ja sitä on käytetty veden varastoaltaissa levien torjuntaan.

Suorien fysikaalisten vaikutusten (veden kerrostuminen) ohella sulfaatin epäsuorat vesistövaikutukset tulevat esiin sen pelkistyessä hapettomissa oloissa mikrobiologisesti sulfideiksi. Sulfaatti toimii mikro-organismien anaerobisessa hengityksessä elektroniakseptorina eli elektronin vastaanottajana, pelkistyen sulfidiksi (H_2S ja HS^-). Sulfaatin pelkistyminen kytkeytyy myös hiilen kiertoon, sillä se on mahdollista vain, jos ympäristössä on sulfaatin pelkistykseen kykeneviä mikrobeja, hapettomat pelkistävät olosuhteet ja riittävä määrä käytettävissä olevaa hiiltä. Sulfaatin pelkistyessä sulfidiksi orgaanisesta aineksestä (elektronin luovuttaja) muodostuu vettä ja hiilidioksidia. Reaktiossa muodostuva rikkivety (H_2S) on eliöille myrkyllinen jo erittäin pieninä pitoisuuksina ja sitä kerääntyy pohjanläheisiin vesikerroksiin. Edellä kuvattu sulfaatin dissimilatorinen pelkistyminen on kuitenkin riippuvainen alusveden lämpötilasta, eli pelkistyminen on hitaampaa alhaisissa lämpötiloissa. Ennen sulfaatin pelkistymistä suuri osa ferriraudasta (Fe^{3+}) pelkistyy ferriraudaksi (Fe^{2+}), joka reagoi liuenneiden sulfidien kanssa hapettomissa olosuhteissa ferrosulfidiksi (FeS , FeS_2).

Sulfaatin pelkistyminen voi näin aiheuttaa myös pohjasedimentin raudan kierron tyrehtymisen, mikä kytkee sulfaattikuormituksen vesien fosforipitoisuuteen ja rehevöitymiseen. Normaalisissa raudan kierrossa pohjasedimenttiin kertynyt ferrirauta pelkistyy hapettomissa pelkistävissä olosuhteissa ferriraudaksi, joka liukenee alusveteen. Pelkistymisen yhteydessä sedimentistä vapautuu myös ferrirautaan sitoutunutta fosfaattifosforia.

Normaaliolosuhteissa liennut ferrorauta hapettuu takaisin kolmenarvoiseksi ferriraudaksi päätyessään ylempiin hapellisiin vesikerroksiin sitoen samalla liunneen fosfaatin takaisin liukenemattomaan muotoon. Sulfaatin pelkistyessä tämä kierto kuitenkin häiriintyy ferroraudan sitoutuessa sulfidin kanssa hapettomissa olosuhteissa veteen liukenemattomaksi ferrosulfidiksi. Tällöin vedessä ei ole enää tarpeeksi rautaa, joka voi sitoa liunneen fosfaattifosforin takaisin liukenemattomaan muotoon ja fosforin sisäinen kuormitus kasvaa.

On kuitenkin otettava huomioon, että korkea alusveden sulfaattipitoisuus ei suoraan johda sisäisen fosforikuormituksen kasvuun. Sisäisen kuormituksen kasvu on riippuvainen myös sedimentin muista metalleista. Mikäli sedimentin fosfori on pääosin sitoutunut alumiinin oksideihin, ei ferrosulfidin muodostuminen aiheuta merkittävää rehevöitymisriskin kasvua.

Kerrostuneiden lähijärvien alusveden happitilanteen paraneminen ja hapetus-pelkistysolosuhteiden muuttuminen hapettaviin olosuhteisiin voi aiheuttaa sedimenttiin sitoutuneen ferrosulfidin hapettumisen. Tällöin sulfidi hapettuu rikin oksidien kautta lopulta rikkihapoksi, aiheuttaen alusveden pH:n alenemisen. Vastaavasti ferrorauta hapettuu ferriraudaksi, joka hydrolysoituessaan eli reagoidessaan veden kanssa happamoittaa myös alusvettä. Hapan vesi liuottaa myös metalleja sedimentistä, lisäten niiden pitoisuuksia alusvedessä.

Sulfaatin epäsuorista vaikutuksissa on kuitenkin muistettava, että ne tulevat näkyviin kaivosalueen alapuolisissa vesissä aina viiveellä. Lisäksi on huomioitava, että lisävesien johtamisella ei niinkään ole vaikutusta jo kerrostuneissa lähijärvissä tapahtuviin sulfaatin pelkistysreaktioihin, vaan johtamisen vaikutuksesta mahdollisesti kerrostuvissa vesissä tapahtuviin reaktioihin, kuten Kolmisopessa pohjoisessa ja Laakajärven pohjoisosassa etelässä. Pysyvästi kerrostuneissa lähijärvissä edellä kuvatut reaktiot ovat mahdollisia ilman lisävesien johtamistakin.

4 VIRTAAMAT JA METALLIEN KULKEUTUMINEN

Kaivosalueelle on varastoitu vesiä hakijan ilmoitukseen mukaan noin 3,8 milj. m³. Kaijuun ELY-keskus on antanut luvan juoksuttaa ylimääräisiä vesiä molempiin purkusuuuntiin 900 000 m³ kesäkuun loppuun mennessä. ”Varastoon” jää tällöin vielä 2 milj. m³ vesiä, jonka juoksuttamiselle Talvivaara on hakenut lupaa AVI:lta. Hakemuksen mukaan juoksutus jakautuu suurin piirtein tasan purkusuuuntien kesken, joten molempiin purkusuuuntiin juoksutetaan vesiä noin 1 milj. m³. Mikäli Talvivaaralle myönnetään lupa lisävesien juoksuttamiseen, tarkoittaa se mallilaskelman pohjana olevan vesimäärän juoksuttamista, mutta juoksutusten ajoittumisen siirtymistä eteenpäin. Juoksutusteho riippuu osittain myös vesien käsittelyn tehokkuudesta ja käsittelykapasiteettista.

Talvivaaran mukaan kipsisakka-altaan vuodon yhteydessä pohjoiseen suuntaan kulkeutuneen vuodon virtaama oli alkuvaiheessa noin 1000 m³/h, ja vuotovirtausta saatiin hillittyä takaisinpumpkauksella. Pohjoisen suuntaan virrannut vuoto kulkeutui noin vuorokauden ajan kipsisakka-altaan vieressä kulkevan rautatien länsipuolta pitkin Viitapuron, josta edelleen Salmisen pohjoispäähän ja siitä edelleen Oulujoen vesistöreittiä eteenpäin. Vuotovesimäärä pohjoiseen oli arviolta noin yhteensä noin 20 000 m³. Etelän suuntaan kulkeutuneen vuodon virtaama vaihteli alkuvaiheessa välillä 5 000 – 10 000 m³/h. Myöhemmässä vaiheessa, kun vuodon tukkiminen alkoi vaikuttaa, virtaama vaihteli huomattavasti siten, että välillä virtaama lähes tyrehtyi, kunnes alkoi jälleen uudelleen virtaamalla 3 000 m³/h – 10 000 m³/h. Etelän suunnassa valtaosa vuodosta saatiin

varastoitua jälkikäsitteilyalueelle, mutta noin 216 500 m³ jouduttiin juoksettamaan vesistöön 4.11.–12.11.2012. välisenä aikana ennen Kortelammen padon valmistumista.

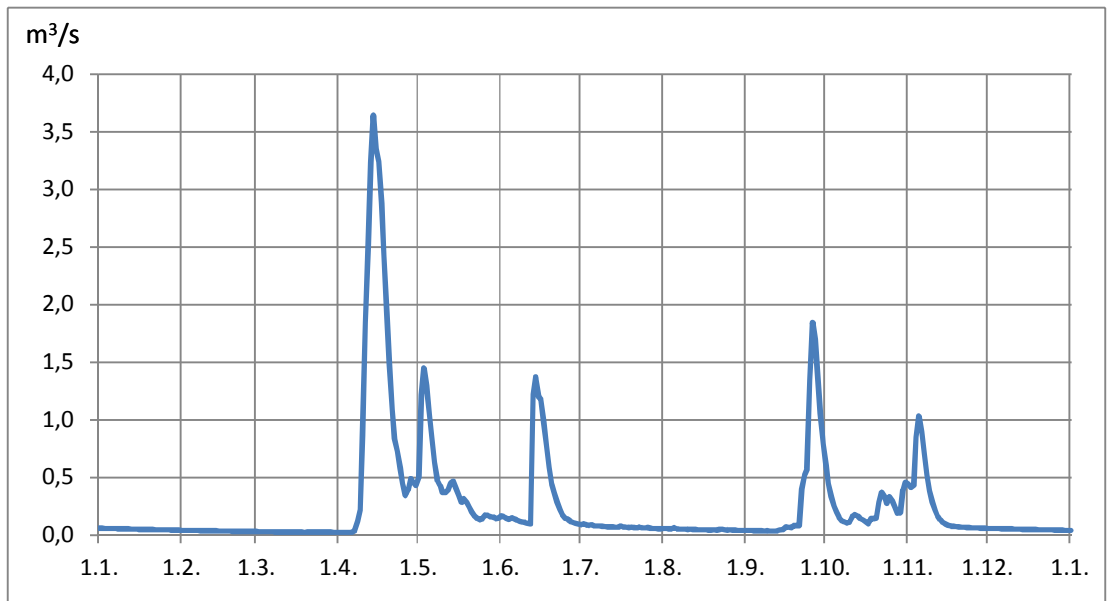
Vuodon aikana kaivosalueen turva-altaisiin ja kaivosalueen alapuolisiin vesiin kulkeutui näin ollen suuri määrä happamia metallipitoisia valumavesiä. Vesien happamuuden neutraloimiseksi ja metallien saostamiseksi jälkikäsitteily-yksiköihin ja alapuolisiin vesiin syötettiin kalkkia. Kaivosalueen vesien neutraloinnissa käytettiin myös lipeää. Lipeän tai kalkkipohjaisten tuotteiden käyttö valumavesien neutraloinnissa mahdollistaa metallien saostumisen hydroksidina.

Eri metallit saostuvat eri pH-alueella. Esimerkiksi alumiini saostuu hydroksidina osin jo lievästi happamissa olosuhteissa ja vastaavasti mangaani vasta voimakkaan emäksisissä olosuhteissa (pH \geq 10). Korkean sulfaattipitoisuuden vesiä kalkkittaessa saostuu myös kipsiä (CaSO₄ · 2H₂O). Kipsin saostuminen on riippuvainen kipsin vesiliukoisuudesta kyseisissä olosuhteissa. Lipeän käytön seurauksesta nousseen natriumpitoisuuden on havaittu myös heikentävän kipsin muodostusta. Kaivosalueen alapuolisissa vesissä vuotovesien metallit ovat kuitenkin saostuneet todennäköisimmin hydroksidina neutraloinnissa muodostuneen kipsisakan mukana.

Kyseisen sakan ominaispaino on alhainen, mikä mahdollistaa saostuman mahdollisen resuspendoitumisen hydraulisen kuorman kasvaessa alhaisissakin virtausnopeuksissa. Vuodon aikana sakkaa onkin kulkeutunut kaivosalueen alapuoliseen vesistöön, missä se talven pienten virtaamien aikaan on todennäköisimmin laskeutunut suvantojen, lampien ja järvien pohjaan. Humuspitoisissa joki- ja järveseisissä osa metalleista, kuten alumiini ja ferrirauta (Fe³⁺) ovat voineet saostua myös liukoisen ja partikkelimaisen orgaanisen aineen mukana. Helmikuussa 2012 purkuvesistä otetuissa pohjasedimenttinäytteissä Salmisen ja Kalliojärven syvänteissä ei havaittu merkittäviä viitteitä kipsisakkakerrostumista. Alustavien tietojen mukaan sedimentin pinnassa todettiin noin 2 cm kerros vaaleanruskeaa vetistä sedimenttiä ja sen alapuolella tummaa, ruskeaa sedimenttiä. Ylä-Lumijärvessä harmaanvihertävää löyhää sedimenttiä esiintyi enimmillään noin 20 cm järven yläosalla Mourunpuron edustalla. Lumijoen alaosan suvantopaikalla vesisyvyys oli 3 metriä ja pohjalla oli pääasiassa puiden lehtiä ja vähäisessä määrin sedimenttiä eli ei merkittäviä viitteitä kipsisakasta. Kivijärven eteläosalla sedimentin pinnassa oli hyvin ohut kerros (n. 1 mm) vaaleampaa löyhää sedimenttiä ja sen alla tummanruskeaa sedimenttiä.

Lisäjuoksutukset on tarkoitus toteuttaa etelän suuntaan niin, että Kortelammelta juoksettavat vedet johdetaan joko Ylä-Lumijärven eteläpäähän, jonne uoma on kaivettu tai sen ohi Lumijokeen siten että ohitusuoma liittyy Lumijokeen ensimmäisessä virtapaikassa. Joka tapauksessa vedet saadaan vietyä lähelle Lumijoen lähtöuomaan. Ylä-Lumijärven eteläpäähän, Lumijoen lähtöuomaan rakennetaan maaliskuun aikana myös pohjapato tai ponttiseinä, jolla varmistetaan, että järvestä lähtevä vesi poistuu pintavirtauksena. Myös lumen ja jään sulamisvedet ja muut luontaiset valumavedet pyritään jatkossa ohjaamaan Ylä-Lumijärven ohi siten, ettei Ylä-Lumijärveen pääse syntymään merkittävää läpivirtausta.

Mallilaskelman perusteena olevien hydrologisten lähtöolettamusten mukaisesti Ylä-Lumijärven tulevaisuutta varten virtaamaksi arvioitiin kuvan 1 mukaiset virtaamat. Kyseiset virtaamat ovat edellä mainitun vesien uudelleen johtamisjärjestelyn jälkeen likimain samaa tasoa myös Lumijoessa Ylä-Lumijärven alapuolella, koska yläpuolisen valuma-alueen muutos pisteiden välillä ei ole merkittävä.



Kuva 1 Mallinnuksessa käytetyt Ylä-Lumijärven virtaamat ilman kaivosvesiä ennustevuonna 2013. Tilanne on likimain sama Lumijoessa Ylä-Lumijärven alapuolella.

Kevättalvella ennen tulvia vesistön luontaiset virtaamat ovat hyvin pieniä, luokkaa 30 – 40 l/s. Virtaamien jakautumista 1.1.–31.12.2013 on esitetty kuvassa 1. Kevättulvan aikaiset huippuvirtaamat olivat laskennassa luokkaa 3,5 m³/s. Samaan aikaan luonnonvirtaamien kanssa vesiä purkautuu ELY:n myöntämän luvan nojalla maksimissaan teholla 1500 m³/h eli noin 0,42 m³/s. Tämä merkitsee sitä, että kevättalven alivirtaamatilanteessa virtaamat kasvavat tasolta 30 – 40 l/s tasolle 450 l/s eli ne yli kymmenkertaistuvat. Ylijäämävesien juoksutusten vuoksi tulvatilanteessa virtaamat kasvavat tasolta 3,5 m³/s tasolle 3,9 m³/s. Vastaava virtaaman kasvu tapahtuu alempana vesistössä, mutta sen suhteellinen osuus pienenee virtaamien kasvaessa.

Ylä-Lumijärven ohittaminen estää järven pohjaan sedimentoituneen metalleja sisältävän sakan kulkeutumisen alapuoliseen vesistöön. Saostumia on voinut kertyä myös Lumijoen suvantokohtiin, mutta määrät ovat arvion mukaan alhaisia Ylä-Lumijärveen verrattuna eikä niitä juurikaan todettu Lumijoen alaosalta helmikuussa otetussa sedimenttinäytteessä. Myös Kivijärven näytteissä sedimentti vaikutti normaalilta tummanruskealta sedimentiltä. (kts s. 9).



Kuva 2 Ilmakuva Ylä-Lumijärven alueelta ja ylijäämävesien todennäköinen purkupaikka (punainen rengas) (lähde: Kansalaisen karttapaikka).

On ilmeistä, että kevättulvien aikana pohjalle laskeutunut sakka kulkeutuu osittain alavirtaan, mutta määrät jäänevät vähäisiksi Ylä-Lumijärven ohittamisesta johtuen. Kun alavirtaan siirryttäessä pH laskee normaalitasolle, on ilmeistä että ainakin osa sakan sisältämistä metalleista liukenee myös uudelleen vesifaasiin. Mahdollisen Talvivaaran hakeman ”lisäjuoksutusluvan” mukaisilla juoksutuksilla ei kuitenkaan arvioida olevan olennaista vaikutusta metallien leviämiseen, koska virtausnopeuksien maksimit eivät muutu jo luvan saaneeseen juoksutustilanteeseen nähden, vaan luonnonvirtaamien päälle tulee vastaava vesimäärä, enintään 1500 m³/h.

5 ARVIO LISÄJUOKSUTUSTEN VAIKUTUKSESTA VESISTÖN EKOLOGISEN TILAAN

5.1 Kasviplankton

5.1.1 Kasviplanktonyhteisön nykytila

Talvivaaran alapuolisten järvien kasviplanktonyhteisöjä on tutkittu vuosina 2008, 2010 ja 2012 (Pöyry Environment Oy 2009, Pöyry Finland Oy 2011 ja 2012). Vuosien 2010 ja 2012 kasviplanktonitutkimusten aikaan Kalliojärven, Kolmisopen ja Kivijärven kasviplanktonilajisto oli huomattavan erilainen verrattuna vuoteen 2008, jolloin kaivosvesien vaikutus oli vielä melko vähäinen. Kesällä 2012 Kivijärven biomassamäärät olivat huomattavasti pienempiä kuin vuosina 2008 ja 2010 eli kasviplanktonin kasvu oli vähentynyt selvästi. Kalliojärven ja Kolmisopessa biomassan määrä oli jo vuonna 2010 selkeästi pienempi kuin vuonna 2008, ja kesällä 2012 tilanne jatkui vuoden 2010 kaltaisena. Jormasjärven kasviplanktonilajistossa ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia vuosien 2008, 2010 ja 2012 välillä.

Kasviplanktonitutkimusten tulosten perusteella Talvivaaran kaivoksen kuormituksella oli vuosien 2010 ja 2012 aikana merkittävä huonontava vaikutus Kalliojärven, Kolmisopen ja Kivijärven tilaan. Kalliojärven tila ei ollut kesällä 2012 oleellisesti parantunut vuoden 2010 tilanteeseen verrattuna. Kolmisopen tila oli vuosina 2010 ja 2012 selkeästi vuoden 2008 luonnontilasta poikkeava. Kivijärvi oli kesällä 2012 mahdollisesti paremmassa tilassa kuin vuonna 2010. Kesällä 2012 kaivosvesillä ei ollut merkittävää vaikutusta Jormasjärven ja Laakajärven kasviplanktoniyhteisöjen tilaan.

5.1.2 Arvio tilan kehityksestä

Seuraavassa esitetty arvio kasviplanktoniyhteisöjen tilan kehityksestä perustuu vuosina 2008, 2010 ja 2012 tehdyissä tutkimuksissa saatuihin tietoihin Talvivaaran alapuolisissa järvissä tapahtuneesta kehityksestä. Lisäksi arviossa on käytetty hyväksi kappaleissa 2–4 esitettyjä vedenlaatu- ja kuormitustietoja ja arviota ylimääräisten vesien kulkeutumisen vaikutuksista veden fysikaalis-kemialliseen laatuun. Arviota koostettaessa on lisäksi käytetty hyväksi tutkimusartikkeleista ja kokoomaraporteista (Silva & Davies 1999, Silva ym. 2000, Singleton 2000, Bernhard & Palmer 2011, Cañedo-Argüelles ym. 2013) saatuja tietoja sulfaattikuormituksen vaikutuksesta eliöyhteisöihin.

Vuonna 2008 Kalliojärvi, Kolmisoppi, Jormasjärvi ja Kivijärvi olivat kasviplanktonitutkimuksen perusteella tyypillisiä humusjärviä, joissa esiintyi tummavetisille, lievästi happamille ja vähäsuolaisille suomalaisille vesille tyypillinen kasviplanktoniyhteisö. Talvivaaran kaivoksen kuormitus vesistöihin alkoi vesistötarkkailutietojen mukaan näkyä kohonneina sulfaatti- ja mangaanipitoisuuksina vuoden 2010 alussa. Lisäksi järvien pH-taso oli aiempaa alhaisempi ja vesistöihin kohdistui metallikuormitusta. Kaivoksen kuormituksen vaikutus kasviplanktoniyhteisöjen tilaan oli nopea, sillä jo kesällä 2010 otetuissa näytteissä Kalliojärven, Kolmisopen ja Kivijärven yhteisöjen biomassamäärä oli vähentynyt selvästi ja lajisto oli yksipuolistunut. Vuonna 2012 tilanne edellä mainituissa kolmessa järvessä oli lähes sama kuin vuonna 2010. Jormasjärven kuormituksen vaikutuksia ei vuosina 2010 ja 2012 ollut havaittavissa. Laakajärven kasviplanktonia tutkittiin ensimmäisen kerran kesällä 2012, eikä merkittäviä kuormitusvaikutuksia ollut havaittavissa yhden vuoden tutkimusaineistossa.

Tutkimustiedon perusteella sulfaattikuormitus aiheuttaa leville samankaltaisia vaikutuksia kuin metallikuormitus. Suolapitoisuuden äkillinen ja huomattavan suuri muutos vaurioittaa leväsolun sisäisen suolatasapainon ja ioninvaihdon säätelyä ja voi aiheuttaa solun vaurioitumisen tai kuoleman. Yhteisötasolla sulfaattikuormitus vähentää lajiston diversiteettiä, kun suolapitoisuuden muutoksia huonosti sietävät lajit karsiutuvat yhteisöstä. Tällöin muutosta paremmin sietävät lajit saavat usein kilpailuedun, ja näiden lajien suhteellinen osuus lisääntyy. Diversiteetin vähentyminen voi periaatteessa altistaa yhteisön myös vieraslajien lisääntymiselle, mikäli niitä kulkeutuu kyseiseen vesistöön. Diversiteetin vähentyminen heikentää eliöyhteisöjen ekologista joustokykyä, ja kasviplanktoniyhteisön muutos altistaa myös ravintoverkon seuraavat tasot (eläinplankton, pohjaeläimet, kalat) muutokselle, jos esimerkiksi ravintona käytetyt kasviplanktonilajit vähentyvät nopeasti. Yhteisöjen tasolla kuormituksen vaikutukset ovat kuitenkin hyvin monimutkaisia ja vaikeasti ennustettavia. Muutosten toteaminen edellyttää usean vuoden seuranta.

Sulfaattikuormituksen akuutista toksisuudesta leville ei ole kovin paljon tietoa saatavilla. Lisäksi toksisuuteen vaikuttavat monet vesistön fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, ja jokaisella levälajilla toksisuuden sietokyky vaihtelee. Vaikutus riippuu osal-

taan myös siitä, esiintyvätkö sulfaattipitoisuudet levien kasvukaudella touko-lokakuussa vai sen ulkopuolella. On esitetty, että 1000–2000 mg/l suolapitoisuus on monille leville sietokyvyn raja (Brock 1985). Laboratoriotutkimuksissa esimerkiksi *Selenastrum capricornatum* -viherlevän sulfaattikuormituksen LOEC-pitoisuus (pienin havaittavan vaikutuksen aiheuttava pitoisuus) on vaihdellut 1111 milligrammasta litrassa 3650 milligrammaan litrassa (jälkimmäisen arvon osalta sulfaatti lisätty natriumsulfaattina Na₂SO₄). Sulfaattikuormituksen IC₅₀-pitoisuudet (pitoisuus, joka estää 50 prosenttisesti annetun parametrin) kasvun osalta olivat samoissa tutkimuksissa 1868 milligrammasta litrassa 3359 milligrammaan litrassa.

Keväällä 2013 laskettavien ylimääräisten vesien vaikutus tulee todennäköisesti esiin jo seuraavan kesänä lähimmissä järvissä. Juoksutettavat vedet sisältävät arvion mukaan runsaasti sulfaattia, mutta metallipitoisuuksien ei pitäisi nousta merkittävästi. On todennäköistä, että juoksutusten vaikutukset Talvivaaran alapuolisissa järvissä tulevat olemaan samankaltaisia kuin vaikutukset, joita havaittiin vuosina 2010 ja 2012 Kalliojärven, Kolmisopessa ja Kivijärven. Aiempien tarkkailutulosten perusteella on odotettavissa ainakin kasviplanktonin biomassamäärien pienentymistä, lajiston diversiteetin vähentymistä ja vaurioituneiden leväsolujen esiintymistä. Koska myös Laakajärven pohjoisosaan ja Jormasjärven eteläosaan tulee arvion mukaan kohdistumaan enemmän sulfaattikuormitusta kuin aikaisemmin, on todennäköistä, että myös näissä järvissä tullaan havaitsemaan edellä kuvattuja vaikutuksia.

Kipsisakka-altaan vuodon takia kaivoksen alapuolisissa vesissä on kipsi- ja hydroksidisakkaa. Koska sakka on löyhää ja sen ominaispaine on lähellä veden ominaispainoa, se todennäköisesti kulkeutuu ainakin osittain kevättulvan aikana alapuolisiin vesistöihin. Ylä-Lumijärven ohittaminen pienentää kuitenkin merkittävästi riskiä metallipitoisen sakan huuhtoutumiselle. Kun pH-taso alavirtaan siirryttäessä laskee normaalitasolle, ainakin osa sakan metalleista vapautuu uudelleen vesifaasiin. Tästä johtuen Talvivaaran alapuolisten vesien kasviplanktonyhteisöt voivat kesällä 2013 tai myöhemmin kärsiä myös metallikuormituksesta, jonka esiintyminen ei riipu ylimääräisten vesien johtamisesta vesistöihin vaan ensisijaisesti aikaisemmasta kuormituksesta. Metallien vaikutukset saattavat aiheuttaa samankaltaisia muutoksia yhteisöissä kuin vuosina 2010 ja 2012 on jo havaittu.

5.2 Piilevät

5.2.1 Piileväyhteisöjen nykytila

Talvivaaran alapuolisten Kalliojoen, Tuhkajoen ja Lumijoen piileväyhteisöjen tilaa on tutkittu vuosina 2008 ja 2010 (Pöyry Environment Oy 2009 ja Pöyry Finland 2011). Vuosina 2008 ja 2010 Kalliojoen piileväyhteisöissä ei ollut havaittavissa merkittäviä muutoksia. Tuhkajoen rehevyys oli vuonna 2010 hieman korkeampi kuin vuonna 2008, mutta muita merkittäviä muutoksia ei ollut havaittavissa. Lumijoessa piileväyhteisön lajisto oli vuonna 2010 hyvin erilainen kuin vuonna 2008. Vuonna 2010 yhteisössä esiintyi runsaasti korkeita sulfaattipitoisuuksia suosivaa *Diatoma moniliformis* -levää, jonka esiintyminen viittaa suolapitoisuuksien ja siten sähkönjohtavuusarvojen nousuun. Lumijoessa vuonna 2008 runsaina esiintyneiden, happamille humusvesille tyypillisten *Eunotia*-suvun levien esiintyminen oli huomattavasti vähäisempää vuonna 2010 kuin edellisen tutkimuksen aikaan.

5.2.2 Arvio tilan kehityksestä

Seuraavassa esitetty arvio piilevyhteisöjen tilan kehityksestä perustuu vuosina 2008 ja 2010 tehdyissä tutkimuksissa saatuun tietoihin Talvivaaran alapuolisissa joissa tapahtuneesta kehityksestä. Lisäksi arvioissa on käytetty kappaleissa 2–4 esitettyjä vedenlaatu- ja kuormitustietoja sekä arviota ylimääräisten vesien kulkeutumisen vaikutuksista veden fysikaalis-kemialliseen laatuun. Arviota koostettaessa on lisäksi käytetty hyväksi tutkimusartikkeleista ja kokoomaraporteista (Silva & Davies 1999, Silva ym. 2000, Singleton 2000, Bernhard & Palmer 2011, Cañedo-Argüelles ym. 2013) saatuja tietoja sulfaattikuormituksen vaikutuksesta eliöyhteisöihin.

Pohjoisessa Oulujoen vesistöalueella Kalliojoen ja Tuhkajoen tila oli vuonna 2010 pitkälti samankaltainen kuin vuonna 2008. Etelässä Lumijoen tila oli sen sijaan muuttunut merkittävästi vuonna 2010 vuoden 2008 tilaan nähden. Lumijoen tilasta voidaan saada epäsuorasti tietoa Kivijärven vuoden 2012 kasviplanktonitutkimuksen kautta. Kivijärvessä esiintyi yhdellä näytteenotokerralla melko runsaasti *Diatoma moniliformis* -levää, jota oli tavattu jo vuonna 2010 Lumijoessa. Koska kaivoksen vedet kulkevat Lumijoen kautta Kivijärveen, on todennäköistä, että *D. moniliformis* -levää esiintyi joessa myös kesällä 2012.

Marraskuussa 2012 sattuneen kipsisakka-altaan vuodon vaikutukset Kalliojoen, Tuhkajoen ja Lumijoen tilaan eivät ole vielä tiedossa. Suomen ympäristökeskuksen 19.11.2012 julkaiseman tiedotteen ja siihen liittyvän kartan mukaan Lumijoki oli vuodon aikana runsaasti kuormittunutta aluetta, jossa haitat olivat suuria. Kalliojoki oli kuormittunut alue, jossa haitat olivat mahdollisia. Tuhkajoki ei ollut kuormittunut, eikä siihen kohdistunut haittoja tiedotteen julkaisemisen aikaan. Suomen ympäristökeskus oli lisäksi jo 13.11.2012 tiedottanut, että Lumijoessa metallipitoisuudet olivat eliöille haitallisella tasolla. Lumijoen ja mahdollisesti myös Kalliojoen piilevyhteisöt ovat siten todennäköisesti kärsineet vaurioita kipsisakka-altaan vuodon yhteydessä. Haitan laajuutta tai kestoja ei tässä vaiheessa ole mahdollista vielä arvioida.

Talvivaaran kaivokselta keväällä 2013 juoksutettavat ylimääräiset vedet sisältävät arvioiden mukaan runsaasti sulfaattia, mutta metallipitoisuuksien ei pitäisi nousta merkittävästi. Sulfaattikuormituksen aiheuttamia vaikutuksia leväyhteisöille on käyty läpi kasviplanktoniyhteisöjä käsittelevässä luvussa 5.1.2, ja samantyyppiset vaikutukset koskevat myös piileviä. Epiliittisillä levillä on todettu myös fotosynteesin häiriintyvän sulfaattikuormituksen seurauksena, mikä vaikuttaa levien biomassan määrään. On myös havaintoja siitä, että lievä suolapitoisuuden lisääntyminen vaikuttaa suotuisasti levien kasvuun (Silva & Davies 1999). Suuret suolamäärät kuitenkin vähentävät kasvua ja yhteisön diversiteettiä, ja luonnostaankin suolapitoisissa virtavesissä eliöyhteisöt ovat yleensä köyhiä.

Ylimääräisten vesien juoksutukset tulevat todennäköisesti vaikuttamaan ainakin Lumijoen, Kalliojoen ja Tuhkajoen piilevyhteisöihin. Vaikutukset ovat todennäköisesti samankaltaisia kuin ne muutokset, joita on Lumijoessa jo havaittu. Korkeita sulfaatti- ja suolapitoisuuksia suosivat levät (esim. *Diatoma*-suku) saattavat lisääntyä huomattavasti, ja lajisto muuttuu yksipuolisemmaksi. Lisäksi on mahdollista, että vastaavia vaikutuksia tulee esiintymään myös esimerkiksi Kivijoessa. Kivijoki ei ole kuulunut tarkkailun piiriin vuosina 2008 ja 2010.

5.3 Pohjaeläimet

5.3.1 Järvet

Talvivaaran kaivoksen vaikutusalueen järvien syvänteiden pohjaeläinyhteisöjä on tutkittu vuosina 2008 (Pöyry Environment Oy 2009), 2010 (Pöyry Finland Oy 2011) sekä 2012 (Pöyry Finland Oy 2012). Selvityksissä järvien ekologisessa tilaluokittelussa käytettiin syvänteiden surviaissääskitoukkien esiintymiseen perustuvan pohjanlaatuindeksin (BQI, Benthic Quality Index; Wiederholm 1980) ekologiaa laatusuhdearvoja (ELS, Vuori ym. 2010).

Ennen kaivotoiminnan varsinaista aloittamista ja jätevesien johtamista vesistöön vuonna 2008 Kalliojärvi oli BQI ELS -arvon perusteella erinomaisessa ekologisessa tilassa, kun vuosina 2010 ja 2012 Kalliojärvi luokituttiin BQI ELS -arvojen perusteella huonoon ekologiseen tilaluokkaan. Kalliojärven syvänteiden pohjaeläinyhteisö on kärsinyt kuormituksesta, sillä järven vesikemiassa ja pohjaeläinlajistossa on tapahtunut viime vuosina muutoksia. Esimerkiksi vuonna 2010 mangaanipitoisuudet ylittivät Kalliojärvessä vesieliöstölle haitallisenä pidettävän tason (Pöyry Finland Oy 2011). Vuoden 2012 kesällä Kalliojärven vedessä oli runsaasti happea kuluttavaa ainesta. Pohjanläheinen vesikerros oli hapeton ja vedessä oli runsaasti kiintoainesta ja ravinteita. Lisäksi pohjanläheisessä vesikerroksessa oli runsaasti sulfaattia. Kalliojärven rauta- ja mangaanipitoisuudet olivat korkeita, ja myös natriumia esiintyi runsaasti. Vuonna 2012 havaittiin rauta- ja mangaanipitoisuudet ylittivät selvästi vesieliöstölle haitallisenä pidettävät tasot. Kalliojärven syvänteiden pohjaeläintiheys on laskenut selvästi vuodesta 2008. Vuonna 2012 Kalliojärven syvänneenäytteenottoalueelta havaittiin enää yhden pohjaeläinlajin yksilöitä (Pöyry Finland Oy 2012).

BQI ELS -arvolla mitattuna Kolmisopen ekologinen tila on huonontunut hieman vuosien 2008 ja 2010 erinomaisesta tilaluokasta hyvään tilaluokkaan vuonna 2012. Kolmisopen vuoden 2012 BQI ELS -arvo oli kuitenkin hyvin lähellä erinomaisen tilaluokan rajaa. BQ -indeksiin perustuvien ekologisten laatusuhteiden perusteella Jormasjärven kahden vakiotutkimusalueen ekologinen tila oli parantunut. Myös Jormasjärven vuoden 2012 uusi tutkimusalue luokituu BQI ELS -arvon perusteella vuonna 2012 erinomaiseen ekologiseen tilaluokkaan. Sekä Kolmisopen että Jormasjärven vakiotutkimusalueilta havaitut keskimääräiset pohjaeläinyhteisöjen yksilötiheydet olivat kuitenkin vuonna 2012 selvästi pienempiä kuin esimerkiksi vuonna 2008, jolloin kaivoksen toiminta ei ollut vielä täysin käynnistynyt.

Kivijärven vakiotutkimusalueen ekologinen tilaluokka oli ennen kaivotoiminnan jätevesien johtamista vesistöön vuonna 2008 BQI ELS -arvon perusteella erinomainen, kun vuonna 2010 alue luokituttiin samalla mittarilla huonoon ekologiseen tilaluokkaan. Vuoden 2012 Kivijärven tutkimusalueen matalan näytteenotto- ja regressiomallin avulla BQI:n vertailuarvoksi negatiivisen arvon. Kivijärvi kuuluu matalat humuspitoiset järvet -tyyppiin (Mhr) keskisyvyyden ollessa noin 2,2 metriä (Virtanen 2012). Arovii-dan ym. (2012) mukaan keskisyvyydeltään alle kolmen metrin järviä ei tulisi enää luokitella syvänteiden pohjaeläimistön perusteella. Vaikka BQI -tuloksia ei välttämättä ole mielekäästä käyttää Kivijärven mataluuden takia ekologisessa tila-arvioinnissa, järven syvänteiden pohjaeläinyhteisö on kärsinyt kuormituksesta, sillä Kivijärven vesikemiassa ja pohjaeläinlajistossa on tapahtunut viime vuosina muutoksia. Kivijärven pohjanläheinen vesikerros oli kesällä 2012 hapeton. Kivijärven vakiosyväne-tutkimusalueelta havaittiin vuonna 2012 runsaasti niukkoihin happiolosuhteisiin sopeutunutta (mm. Tolonen ym. 2005) *Chironomus anthracinus* -surviaissääskilajia.

Vuonna 2012 Kivijärven hapettomassa vesikerroksessa ravinne- ja kiintoainepitoisuudet olivat normaaliarvoja korkeampia. Pohjanläheinen vesikerros sisälsi myös runsaasti sulfaattia. Kivijärven rauta-, mangaani- ja natriumpitoisuudet olivat korkeita ja myös nikkeli- ja sinkkipitoisuudet olivat normaaliarvoja korkeampia. Vuonna 2012 Kivijärven pohjanläheisen vesikerroksen rauta-, nikkeli- ja mangaanipitoisuudet ylittivät selvästi vesieliöstölle haitallisena pidettävän tason. Vuosina 2010 ja 2012 Kivijärven vakiotutkimusalueelta havaittiinkin vähemmän pohjaeläinlajeja kuin vuonna 2008, jolloin kaivoksen toiminta ei ollut vielä täysin käynnistynyt (Pöyry Finland Oy 2012).

Vuoden 2012 pohjaeläimistöselvityksessä syvänteiden pohjaeläinnäytteitä otettiin Laakajärven kolmelta uudelta tutkimusalueelta. Kahdelta Laakajärven tutkimusalueelta ei havaittu yhtään indikaattorilajia, joten indikaattorilajien puuttuminen johtaa BQ -indeksin arvoon nolla ilmentäen pahoin heikentynyttä syvänteen tilaa. Indeksilajien puuttuminen voi kuitenkin johtua myös sattumasta. Tämän vuoksi indeksilajittomien syvänteiden tilaa ei ole syytä arvioida BQI:n perusteella (ks. Aroviita ym. 2012). Kolmas Laakajärven tutkimusalue oli vuonna 2012 havaitun BQI ELS -arvon perusteella välttävissä ekologisessa tilaluokassa. Laakajärveltä ei ole saatavissa aiempia syvänteiden pohjaeläinaineistoja (esim. POHJE -rekisteri 2012), joten Laakajärven pohjaeläinyhteisöjen mahdollisia muutoksia tai itse järven ekologisen tilan kehityskulkua ei ole tässä yhteydessä mahdollista arvioida. Laakajärven ekologista tilaa ei ole määritetty ympäristöhallinnon toimesta, mutta vedenlaatuaineistoon perustuvan ympäristöhallinnon asiantuntija-arvion mukaan Laakajärvi on hyvässä ekologisessa tilassa (OIVA -tietojärjestelmä 2012). Siten vuoden 2012 pohjaeläinanalyysien tulokset ovat ristiriidassa Laakajärven nykyisen ekologisen tilaluokitteluarvion kanssa.

5.3.2 Virtavedet

Talvivaaran kaivoksen lähivaikutusalueen virtavesien pohjaeläinyhteisöjä on tutkittu Lumi-, Kallio- ja Tuhkajoen vakio seuranta-alueilla vuosina 2008 ja 2010 (Pöyry Environment Oy 2009 ja 2011). Samoilta tutkimusalueilta on olemassa myös vielä käsittelemätöntä pohjaeläinaineistoa vuodelta 2012 (SYKE, julkaisematon aineisto). Vuoden 2012 virtavesien pohjaeläinaineisto on kerätty ennen vuoden 2012 kipsisakkallisuusvuotoa. Virtavesien tutkimuskohteiden vuosien 2008 ja 2010 ekologista tilaa arvioitiin kolmella (TT, T-EPT & PMA) eri pohjaeläinmittarin ekologisella laatusuhdearvolla (ELS) (ks. Vuori ym. 2010).

Lumijoen ekologinen tilaluokka oli vuosina 2008 ja 2010 tyyppilajeihin (TT) ja tyyppi-kohtaisiin EPT-heimomääriin (T-EPT) perustuvien ELS-arvojen perusteella hyvä. Lumijoen pohjaeläinaineisto on olemassa myös vielä käsittelemätöntä pohjaeläinaineistoa vuodelta 2012 (SYKE, julkaisematon aineisto). Vuoden 2012 virtavesien pohjaeläinaineisto on kerätty ennen vuoden 2012 kipsisakkallisuusvuotoa. Virtavesien tutkimuskohteiden vuosien 2008 ja 2010 ekologista tilaa arvioitiin kolmella (TT, T-EPT & PMA) eri pohjaeläinmittarin ekologisella laatusuhdearvolla (ELS) (ks. Vuori ym. 2010). Lumijoen ekologinen tilaluokka oli vuosina 2008 ja 2010 tyyppilajeihin (TT) ja tyyppi-kohtaisiin EPT-heimomääriin (T-EPT) perustuvien ELS-arvojen perusteella hyvä. Lumijoen pohjaeläinaineisto on olemassa myös vielä käsittelemätöntä pohjaeläinaineistoa vuodelta 2012 (SYKE, julkaisematon aineisto). Vuoden 2012 virtavesien pohjaeläinaineisto on kerätty ennen vuoden 2012 kipsisakkallisuusvuotoa. Virtavesien tutkimuskohteiden vuosien 2008 ja 2010 ekologista tilaa arvioitiin kolmella (TT, T-EPT & PMA) eri pohjaeläinmittarin ekologisella laatusuhdearvolla (ELS) (ks. Vuori ym. 2010).

Tuhkajoen ekologinen tilaluokka on erinomainen, kun tyyppikohtaisen EPT-heimomäärän perusteella Tuhkajoki on hyvässä ekologisessa tilaluokassa.

Lumi- ja Tuhkajoen pohjaeläinten kokonaislaji- ja EPT-lajimäärät ovat pysyneet vuosina 2008 ja 2010 joko samana tai lähes samana. Suurin muutos pohjaeläinten kokonaislaji- ja EPT-lajimäärissä havaittiin Kalliojoella, jossa pohjaeläinten laji- ja EPT-lajimäärät ovat laskeneet selvästi. EPT-lajeja pidetään yleisesti herkkinä erilaisille ympäristön muutoksille (mm. Rosenberg & Resh 1993 ja Wallace ym. 1996).

5.3.3 Ylijäämävesien juoksutusten arvioidut vaikutukset

Suunnitellut lisäjuoksutukset lisäävät vesistöjen kuormitusta entisestään, mikä vaikuttaisi kaivoksen jo aiemmista päästöistä kärsineisiin pohjaeläinyhteisöihin negatiivisesti. Vuoden 2012 kipsisakka-allasvuoto kuormitti lähialueen vesiä huomattavasti entisestään. Kipsisakka-allasvuodon vaikutuksia pohjaeläimistöön ei voida arvioida, sillä alueilta ei ole otettu pohjaeläinnäytteitä allasvuodon jälkeen. Vuoksen ja Oulujoen suunnalle lisäjuoksutusten (3,8 milj.m³) aikana päätyvä sulfaattikuormituksen on arvioitu vastaavan suunnilleen molempien vesistöalueiden vastaanottamia koko vuoden 2010 aikaisia sulfaattikuormitusmääriä (ks. taulukko 1)

Paikoin lähivesistöjen suolapitoisuus ylittää jo tällä hetkellä pohjaeläimistöille akuuttina pidetyt toksisuuden rajat (ks. Bendow & Merrit 2005, Allan & Castillo 2007). Pöyry Finland Oy:n (2013) laatiman sulfaattimallinnuksen perusteella myös suunnitellut ylimääräiset juoksutusvedet ylittäisivät joissain tapauksissa pohjaeläimistön kannalta toksisen sulfaattipitoisuuden rajat. Korkean veden suola- ja sulfaattipitoisuuden on todettu vaikuttavan pohjaeläinyhteisöihin negatiivisesti (Silva & Davies 199, Kefford ym. 2011). Talvivaaran päästöjen vaikutuksesta lähijärvien syvänteet ovat voimakkaasti kerrostuneita suolaisuuden suhteen. Tästä johtuen järvissä ei ole tapahtunut normaalia kevät- ja syystäyskiertoja kaivostoiminnan aloittamisen jälkeen, mikä näkyy järvien alusvesien hapettomuutena ja pohjaeläimistön köyhtymisenä. Järvien suolakerrostumisen ohella sulfaatin epäsuorat vesistövaikutukset tulevat esiin sulfaatin pelkistyessä hapettomissa oloissa. Reaktiossa muodostuva rikkivety on eliöille myrkyllinen jo erittäin pieninä pitoisuuksina (ks. edellä luku 3).

Osassa Talvivaaran lähialueen vesistöistä mm. rauta-, nikkeli- ja mangaanipitoisuudet ovat aiemmin ylittäneet selvästi vesieliöstölle haitallisena pidettävät tasot (Pöyry Finland Oy 2012). Lisäksi lähivesistöjen pohjaeläinyhteisöt ovat kärsineet ennestään nopeista pH:n vaihteluista. Lisäjuoksutusvedet tulisivat olemaan selvästi emäksisiä. Suunnitellut lisäjuoksutukset lisääisivät entisestään jo erilaisille ympäristökuormituksille altistuneita pohjaeläinyhteistöjen stressitekijöitä.

Oulujoen suunnalla Kolmisopessa ja Jormasjärnessä sekä Vuoksen suunnalla Laakajärnessä suolaisuudesta johtuvaa varsinaista veden kerrostumisilmiötä ei ole vielä havaittu, mutta alueilla on havaittu kohenneita sulfaattipitoisuuksia. Pöyry Finland Oy:n laatiman sulfaattimallinnuksen perusteella (Pöyry Finland Oy 2013) lisäjuoksutusten takia kuormitus voi levitä uusille ja laajemmille alueille, mikä vaikuttaisi myös näiden alueiden pohjaeläinyhteistöihin haitallisesti.

5.4 Kalasto ja kalatalous

Kalliojärven ja Kolmisopen kalasto on lajistollisesti ja myös määrältään hyvin niukka koostuen lähinnä hauesta, ahvenesta ja särjestä. Kolmisopessa on jonkin verran myös madetta. Jormasjärven kalasto koostuu pääasiassa ahvenesta, kuhasta ja hauesta. Näiden lisäksi kalastoon kuuluvat mm. siika, muikku, made, lahna ja särki. Kivi- ja Laakajärven kalasto on pääasiassa ahventa, haukea ja särkeä. Laakajärven on merkittävästi myös kuaa, ja molemmissa järvissä esiintyy vähän myös muikkua ja ainakin Laakajärven on myös siikaa. Tuhkajoen koskialueiden kalasto on pääasiassa taimenta, joka lisääntyy joessa luontaisesti. Napapiirin eteläpuoliset taimenkannat on luokiteltu uusimmassa uhanalaisuusarvioinnissa (Rassi ym. 2010) erittäin uhanalaisiksi (EN). Kallio- ja Lumijoen koskikalasto on niukka koostuen pienin tiheyksin lähinnä ahvenesta ja särjestä.

Vuosien 2008-2012 tarkkailutulosten perusteella kaivoksen jätevesillä ei ole ollut havaittavaa vaikutusta Tuhkajoen, Jormasjärven tai Kivijärven kalastoon. Kalliojärvellä on ilmeisesti tapahtunut kalojen karkottumista jätevesien vuoksi, ja kalastus Kolmisopella on lähes loppunut ranta-asutuksen häviämisen vuoksi. Kaivostoiminnan vaikutusta ei ole ollut havaittavissa lähijärvien kalojen metallipitoisuuksissa. Jätevesien vaikutuksesta Salmisen, Kalliojärven ja Kivijärven vedet ovat kerrostuneet ja alusvedet ovat olleet haittavia, mikä on heikentänyt kalojen elinolosuhteista näissä järvissä.

Marraskuussa 2012 sattuneen kipsisakka-altaan vuodon jälkeen Talvivaaran lähivesistä pyydetyissä kaloissa havaittiin Eviran lausunnon (30.1.2013) mukaan vain vähäisiä kudostuoksia kiduksissa. Akuutin kudostuon merkkejä, jotka kertovat mm. happaman veden tai raskasmetallien aiheuttamista vaurioista, ei tällöin todettu. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tekemissä kalastus selvityksissä löydettiin allasvuodon vaikutusalueelta yhteensä noin 100 kuollutta kalaa, jotka olivat ilmeisesti kuolleet nopeaan pH:n nousuun jätevesien kalkituksen aikaan (Talvivaara Sotkamo Oy, lupahakemuksen täydennys 15.2.2013).

Ylijäämävedet käsitellään sammutetulla kalkilla ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), eikä niistä arvioida aiheutuvan kalastolle haitallista tasoa olevaa metallikuormitusta. Juoksuajaksi aikana Kallio- ja Kivijärven pintaveden sulfaattipitoisuus voi nousta tasolle 3000-4000 mg/l ja alusvedessä pitoisuudet ovat todennäköisesti tätä korkeampia. Jos järvien kerrostuneisuus purkautuu, pitoisuudet pintavedessäkin voisivat olla vielä suurempia eli tasoa 5000-6000 mg/l. Nämä laskennalliset pitoisuustasot ovat korkeita ja niitä esiintyy useiden kuu-kausien ajan, joten niillä voi olla kalaston kannalta toksisia vaikutuksia. Kirjoihella tehtyjen altistuskokeiden mukaan neljän vuorokauden LC_{50} -arvo (pitoisuus, jossa puolet koeyksilöistä menehtyy) sulfaatille oli veden kovuudesta riippuen 5000-9900 mg/l (Singleton 2000). Alempi arvo todettiin pehmeässä vedessä (25 mg CaCO_3) ja korkein arvo kovassa vedessä (250 mg/l CaCO_3). Ylijäämävedet ovat kalkituksen jälkeen kovia, mutta kovuus laskee johdettujen vesien sekoittuessa vastaanottavan vesistön vesimäärään. Singletonin (2000) mukaan hopealohien mätimunien kuolleisuus kasvoi vesissä, joissa sulfaattipitoisuus oli 280-1100 mg/l.

Kolmisopessa ja Laakajärven pohjoisosassa sulfaattipitoisuudet voivat hetkellisesti nousta jääpeiteaikana ainakin alusvedessä tasolle 1000-1500 mg/l. Kesäaikana pitoisuudet ovat Kolmisopessa tasoa 300-500 mg/l ja Laakajärven tasoa 50-80 mg/l. Kyseisten järvien kalasto sietää kohtuullisen hyvin veden suolapitoisuuden kasvamista, ja samat kalalajit ovat sopeutuneet elämään myös murtovesien suolapitoisuustasoissa. Kolmisopella ja Laakajärvellä sulfaattipitoisuuksilla ei arvioida olevan merkittäviä haitallisia vaikutuksia olemassa olevaan kalastoon. Korkeimmat sulfaattipitoisuudet esiintyvät

keväällä jääpeitteisenä aikana pohjanläheisissä vesikerroksissa, joten on mahdollista, että ainakin tietyillä alueilla mateen sekä muikun ja siian mädin kehittyminen häiriintyy. Tällöin näiden kalalajien vuoden 2013 vuosiluokasta voi tulla tavallista heikompi.

Tuhkajoessa sulfaattipitoisuudet noudattelevat Kolmisopen pitoisuuksia ja sen vaihtelua maksimipitoisuuden ollessa tasolla 500-600 mg/l. Maksimipitoisuudet esiintyvät Tuhkajoessa noin kolmen kuukauden viiveellä juoksutusten aloittamisesta eli arviolta toukokuun lopulla. Tuolloin taimenen poikaset ovat jo kuoriutuneet, mutta ovat kuitenkin vielä hyvin pieniä ollen isompia kaloja herkempiä vedenlaadun muutoksille. On mahdollista, että taimenen vuoden 2013 vuosiluokasta tulee keskimääräistä heikompi tai että pahimmassa tapauksessa se menetetään. Yli 1-vuotiaiden taimenyksilöiden kantaa ylijäämävesien sulfaattikuormituksen ei arvioida heikentävän merkittävästi. Jormasjärvessä ylijäämävedet laimenevat isoon vesimassaan eikä niillä arvioida olevan siellä merkittävää haitallista vaikutusta kalastoon.

Ylijäämävesistä huolimatta Kalliojärvi ja Kivijärvi pysyvät pääosin kerrostuneina, mikä aiheuttaa alusveden hapettomuutta ja siten heikentää kalojen elinolosuhteita. Ylijäämävedet voivat aiheuttaa alusveden happitilanteen heikkenemistä Kolmisopessa ja paikon Laakajärvessä.

Tietoisuus ylijäämävesien johtamisesta vesistöön voi vähentää kalastushalukkuutta lähialueen järvissä ja vaikeuttaa esimerkiksi Jormasjärvestä ja Laakajärvestä pyydetyn kalan menekkiä, vaikka kalojen käyttökelpoisuus ei sinällään olisi heikentynyt.

6 ARVIO LISÄJUOKSUTUSTEN VAIKUTUKSISTA VESISTÖN KÄYTTÖÖN

Kaivospiirin alueella olevista kiinteistöistä valtaosa on kaivosyhtiön hallinnassa. Salmisen rannalla ei ole asutusta ja Kalliojärven rannalla on kaksi kesämökkiä. Kolmisopen ranta-asutus on hävinnyt kaivostoiminnan seurauksena. Kolmisoppea säännöstellään lisäksi kaivoksen tarpeisiin. Jormasjärvellä on ranta- ja mökkiasutusta. Ylä-Lumijärven rannalla ei ole asutusta. Kivijärven rannalla on pari kesämökkiä. Laakajärvellä asutus painottuu järven keski- ja eteläosalle.

Vesistöjä käytetään kalastukseen, veneilyyn, uimiseen ja saunomiseen. Käyttö painottuu Oulujoen suunnalla Jormasjärveen ja Vuoksen suunnalla Kivijärveen ja Laakajärveen.

Kainuun maakunta -kuntayhtymän (1.1.2013 alkaen Kainuun liitto) ympäristöterveydenhuolto on antanut suosituksia Kivi- ja Kalliojärven vedenkäyttöön liittyen 12.5.2011 ja 14.8.2012. Tutkimustulosten mukaan järvivettä ei tule juomavetenä eikä ruoan valmistukseen. Pintaveden käyttö sellaisenaan näihin tarkoituksiin ei yleensä ole suositavaa. Järvivettä voi käyttää uimavetenä. Veden käyttöä pesu- tai löylyvetenä ei suositella erityisesti sen korkeiden mangaanipitoisuuksien vuoksi.

Kainuun maakunta -kuntayhtymän ympäristöterveydenhuolto ja Kainuun ELY-keskus ovat antaneet käyttösuosituksia Talvivaaran kaivoksen läheisille vesialueille kipsialtaan vuoden jälkeen (Kainuun ELY:n tiedote 12.11.2012, tarkennettu 29.11.2012).

Oulujoen vesistön suunnassa Salmisenpuron, Salmisen, Kalliojärven ja Kolmisopen (etäisyys Talvivaarasta linnuntietä noin 4 km) sekä Vuoksen vesistön suunnassa Lumijoen, Ylä-Lumijärven ja Kivijärven (etäisyys Talvivaarasta linnuntietä noin 7 km) alueiden asukkaita, kotitalouksia ja tuotantoyksiköitä suositellaan pidättäytymään vesistöjen talousvesi- ja virkistyskäytöstä (mm. uinti ja veden käyttö löylyvetenä). Riista- ja kalata-

louden tutkimuslaitos RKTL on ottanut päästön vaikutusalueen vesistöistä kalanäytteitä, joiden tutkimukset ovat kesken. Varovaisuussyistä em. vesistöistä pyydettyä kalaa ei tule syödä.

Tämän Kainuun maakunta -kuntayhtymän ympäristöterveydenhuollon ja Kainuun ELY-keskuksen antaman suosituksen tarkoituksena on varotoimena ehkäistä mahdollisten terveyshaittojen syntymistä. Vesien laadun tarkempien analyysitulosten ja arvioitujen muutosten pohjalta ympäristö- ja terveydensuojeluviranomaiset tulevat myöhemmin antamaan mahdollisia käyttösuosituksia siinä laajuudessa kuin niihin katsotaan olevan tarvetta.

Lisävesien juoksutuksella ei arvioida olevan sellaisia vaikutuksia, että edellä mainittua suositusta olisi tarpeen muuttaa.

7 VIITTEET

Allan, J.D. & Castillo, M.M. 2007. Stream Ecology – Structure and function of running waters. 2nd Edition. Springer. 436 s.

Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S.M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K.-M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 –päivitetyt arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7 / 2012. Suomen ympäristökeskus. 144 s.

Benbow, M. & Merritt, R.W. 2005. Road salt – WQ-831. Teoksessa: Lehr, J.H. & Keeley, J. (toim.). Water Encyclopedia. Wiley. New York. 41112 s.

Bernhard, E. S. & Palmer, M. A. 2011. The environmental costs of mountaintop mining valley fill operations for aquatic ecosystems of the Central Appalachians. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223:39–57

Brock, M. A. 1985. Are Australian salt lake ecosystems different? Evidence from the submerged aquatic plant communities. *The Proceedings of the Ecological Society of Australia* 14:43–50

Cañedo-Argüelles, M., Kefford, B., Piscart, C., Prat, N., Schäfer, R. B. & Schulz, C.-J. 2013. Salinisation of rivers: An urgent ecological issue. *Environmental Pollution* 173:157–167

Kefford, B.J., Marchant, R., Schäfer, R.B., Metzeling, L., Dunlop, J.E., Choy, S.C., Goonan, P. 2011. The definition of species richness used by species sensitivity distributions approximates observed effects of salinity on stream macro-invertebrates. *Environmental Pollution* 159 (1). 302–310.

OIVA -tietojärjestelmä 2012. <http://www.p2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp> [luettu 29.10.2012].

POHJE -rekisteri 2012. <https://herttac.vyh.fi/scripts/hearts/welcome.asp>. [luettu 29.10.2012].

- Pond, G.J., Passmore, M.E., Borsuk, F.A. 2008. Downstream effects of mountaintop coal mining: comparing biological conditions using family- and genus-level macroinvertebrate bioassessment tools. *Journal of North American Benthological Society* 27: 717–737.
- Pöyry Environment Oy 2009. Talvivaara Projektin Oy. Talvivaaran kaivoksen tarkkailu v. 2008. Osa IVa: Pintavesien tarkkailu.
- Pöyry Finland Oy 2011. Talvivaara Sotkamo Oy. Talvivaaran kaivoksen tarkkailu v. 2010. Osa IVa: Pintavesien tarkkailu.
- Pöyry Finland Oy 2012. Talvivaara Sotkamo Oy. Järvien biologiset tutkimuksen keväällä 2012: Kasviplankton, pohjaeläimet, verkkokoekalastukset, kalojen metallipitoisuudet.
- Pöyry Finland Oy 2013. Talvivaara Sotkamo Oy. Vesistömalliennuste ylimääräisten vesien juoksutuksen vaikutuksesta purkuvesistöjen sulfaattipitoisuuksiin.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslen, A. & Mannerkoski I. (toim.) 2010. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 685 s.
- Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall. New York. US. 488 s.
- Silva, E.I.L. & Davies, R.W. 1999. The effects of simulated irrigation induced changes in salinity on metabolism of lotic biota. *Hydrobiologia* 416. 193–202.
- Silva, E. I. L., Shimizu, A. & Matsunami, H. 2000. Salt pollution in a Japanese stream and its effects on water chemistry and epilithical algal chlorophyll-a. *Hydrobiologia* 437:139–148
- Singleton, H. 2000. Ambient Water Quality Guidelines For Sulphate, Technical Appendix. Ministry of Environment, Lands and Parks, Province of British Columbia. <http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/sulphate/sulphate-04.htm#P123_8731>
- Tolonen, K., Hämäläinen, H. & Vuoristo, H. 2005. Syvänteiden pohjaeläimet järvien ekologisen tilan luokittelussa. Alueelliset ympäristöjulkaisut 395. 40 s.
- Virtanen, K. 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. [henkilökohtainen tiedoksianto, 13.19.2012].
- Vuori, K.-M., Mitikka, S. & Vuoristo H. (toim.) 2010. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 3 / 2009. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 120 s.
- Wallace, J.B., Grubauh, J.W & Whiles, M.R. 1996. Biotic indices and stream ecosystem processes: results from an experimental study. *Applied Ecology* 6: 140-151.
- Wiederholm, T. 1980. Use of benthos in lake monitoring. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 52(3): 537-547.

pH				SO ₄ (mg/l)			Ni (µg/l)			Al (µg/l)		
ka	min		n	ka	max	n	ka	max	n	ka	max	n
Salminen, pinta												
2008	5,5	5,0	12	1	2	3	< 5	< 5	12	377	460	3
2009	6,1	5,6	12	3	3	3	< 5	13	12	213	226	2
2010	5,1	4,2	12	2 259	3 800	3	< 5	10	12	222	252	3
2011	5,3	4,4	13	2 009	5 800	7	< 5	12,5	15	395	1 060	6
2012	5,7	4,9	13	498	1 500	13	13	140	13	887	2 190	3
Salminen, pohja -1 m												
2008	5,4	5,2	12	1	1	3	< 5	< 5	12	407	440	3
2009	5,5	5,1	12	2	2	3	< 5	5	12	304	356	2
2010	4,2	3,8	12	4 707	7 000	3	5	8	12	278	380	3
2011	6,0	5,3	13	9 143	10 000	7	< 5	10	15	197	713	6
2012	6,1	3,7	13	9 169	11 000	13	440	5670	13	100 503	301 000	3
Kalliojärvi, pinta												
2008	5,6	5,4	12	1	1	3	< 5	< 5	12	313	360	3
2009	6,0	5,6	12	2	3	3	< 5	5,6	12	193	252	2
2010	4,9	4,3	12	1 137	2 100	3	< 5	15	12	282	324	3
2011	5,9	5,1	16	1 223	2 200	8	< 5	8	16	233	330	7
2012	6,0	4,4	16	898	2 100	16	96	427	16	2 408	11 000	7
Kalliojärvi, pohja -1m												
2008	5,4	5,2	12	1	1	3	< 5	< 5	12	347	380	3
2009	5,5	5,1	12	2	2	3	< 5	5,6	12	203	274	2
2010	4,2	3,8	12	1 427	2 300	3	< 5	6,5	12	304	386	3
2011	6,0	5,3	13	4 157	4 900	8	< 5	11	16	275	430	7
2012	6,1	3,7	13	4 181	4 800	16	109	507	15	2 791	9 580	7
Kalliojoki												
2008	5,4	4,7	12	7	9	3	114	468	12	477	510	3
2009	6,1	5,4	12	10	12	3	166	1390	12	175	212	2
2010	5,7	4,9	12	230	410	3	96	224	12	287	398	3
2011	5,9	5,1	12	297	500	5	39	84	12	274	313	5
2012	6,2	4,6	18	159	460	21	32	93	21	490	1 800	11
Kolmisoppi, pinta												
2008	5,5	5,0	13	6	8	3	58	140	12	377	450	3
2009	6,0	5,4	12	8	11	3	68	144	12	246	313	2
2010	5,6	5,0	12	68	110	3	74	105	12	274	319	3
2011	5,6	5,3	13	175	200	6	55	85	14	278	361	7
2012	5,7	5,3	14	98	140	13	23	43	13	306	370	4
Kolmisoppi, pohja -1m												
2008	5,4	5,2	13	5	6	3	57	259	12	357	390	3
2009	5,6	5,3	12	7	10	3	57	106	12	314	345	2
2010	5,6	5,2	12	42	61	3	67	102	12	310	402	3
2011	5,5	5,4	13	202	220	6	51	72	14	281	353	7
2012	5,6	5,2	14	143	270	13	24	37	13	351	670	4
Tuhkajoki												
2008	5,7	5,3	4	5	7	3	28	37	3	327	450	3
2009	6,1	6,1	2	6	8	2	46	71	2	235	298	2
2010	6,0	5,8	3	66	110	3	63	75	3	244	267	3
2011	5,9	5,7	5	152	180	5	46	77	6	268	363	6
2012	5,8	5,6	7	93	150	8	19	34	9	299	330	9
Jormasjärvi 5, pinta												
2008	6,1	5,6	8	6	7	3	21	51	6	240	320	3
2009	6,3	5,8	5	7	8	3	22	48	5	181	258	3
2010	6,4	5,8	6	13	18	3	18	29	6	157	203	3
2011	6,4	6,1	7	38	49	5	14	19	8	122	136	4
2012	6,0	5,6	7	49	59	7	13	16	7	156	184	3
Jormasjärvi 5, pohja -1m												
2008	5,9	5,6	8	6	6	3	19	23	6	263	330	3
2009	6,0	5,8	5	6	7	3	20	31	5	196	255	3
2010	6,1	5,8	6	13	16	3	23	40	6	165	198	3
2011	5,9	5,5	7	54	78	5	26	49	8	227	308	4
2012	5,9	5,3	7	73	120	7	19	28	7	255	298	3
Jormasjärvi 3, pinta												
2008	6,0	5,5	7	6	7	3	20	31	6	193	210	3
2009	6,2	5,8	6	6	7	3	17	19	6	159	189	3
2010	6,5	6,2	6	11	13	3	13	16	6	121	135	3
2011	6,4	6,2	7	35	41	5	14	21	7	113	130	4
2012	6,2	5,6	10	46	51	10	13	16	10	173	220	5
Jormasjärvi 3, pohja -1m												
2008	6,1	5,8	7	6	6	3	16	20	6	230	270	3
2009	6,0	5,7	6	6	6	3	18	21	6	206	225	3
2010	6,2	6,0	6	8	10	3	20	42	6	193	240	3
2011	6,0	5,6	7	41	65	5	22	43	8	165	223	4
2012	5,9	5,2	10	60	100	10	15	23	10	204	240	5

Vuoksen suunta

Liite 2

	pH			SO4 (mg/l)			Ni (µg/l)			Al (µg/l)		
	ka	min	n	ka	max	n	ka	max	n	ka	max	n
Ylä-Lumijärvi, pinta												
2008	6,1	4,0	13	60	170	3	441	2 890	13	2 258	7 380	4
2009	6,9	6,5	12	14	17	3	53	118	12	138	149	3
2010	7,1	6,0	12	3 663	5 400	3	131	458	12	35	66	3
2011	8,0	6,4	13	4 633	12 000	6	179	899	14	81	173	5
2012	7,3	4,6	16	1 066	6 800	15	772	11 600	17	15 337	72 500	5
Ylä-Lumijärvi, pohja -1 m												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012	4,5	4,5	2	13 633	18 000	3	3 824	8 490	3	23 212	55 800	3
Lumijoki												
2008	5,3	3,9	21	26	89	4	384	1 400	18	1 255	3 590	4
2009	6,6	6,2	12	8	11	3	30	66	12	141	162	3
2010	6,4	4,7	12	3 133	3 700	3	89	254	12	226	469	4
2011	6,8	5,6	12	2 480	8 500	5	97	320	13	124	345	5
2012	6,3	4,6	18	865	7 300	26	814	8 396	31	5 496	49 000	19
Kivijärvi 2, pinta												
2008	5,7	5,4	3	3	4	3	21	34	3	277	330	3
2009												
2010	5,8	5,7	3	528	790	3	33	47	3	129	141	3
2011	6,1	5,5	7	723	990	4	23	52	5	121	154	3
2012	6,3	5,8	14	266	520	12	15	23	14	202	230	3
Kivijärvi 2, pohja -1 m												
2008	5,5	5,3	3	2	3	3	12	17	3	390	400	3
2009												
2010	5,4	5,1	3	597	890	3	49	52	3	181	239	3
2011	5,2	4,8	7	2 625	3 000	4	105	163	5	149	230	3
2012	6,1	4,7	14	2 742	2 900	12	56	74	14	205	220	3
Kivijärvi 1/7, pinta												
2008	5,8	5,3	17	5	8	4	59	145	17	383	500	4
2009	6,4	5,8	12	5	7	3	28	62	12	177	212	3
2010	5,8	5,4	12	547	850	3	39	60	12	140	210	3
2011	6,2	5,4	13	967	1 200	6	39	57	14	126	175	5
2012	6,5	6,1	19	282	540	17	27	157	19	215	330	7
Kivijärvi 7, pohja -1 m												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012	6,0	5,0	4	6 350	6 800	4	1 073	2 172	4	1 111	2 200	4
Laakajärvi 9, pinta												
2008	5,6	5,4	7	2	2	3	7	11	6	287	300	3
2009	6,1	6,0	5	2	4	3	7	20	5	186	234	3
2010	5,8	5,2	6	52	73	3	7	14	6	163	227	3
2011	5,6	5,4	7	97	150	5	6	12	8	204	242	5
2012	5,7	5,4	7	48	71	7	4	7	7	249	264	3
Laakajärvi 11/13, pinta												
2008												
2009												
2010												
2011	5,7	5,6	2	130	140	2	6	6	2	156	190	2
2012	5,6	5,3	14	41	56	14	5	20	13	235	302	8
Laakajärvi 11/13, pohja -1 m												
2008												
2009												
2010												
2011	5,7	5,6	2	130	140	2	4	5	2	157	192	2
2012	5,7	5,5	14	189	530	13	10	22	13	217	317	8
Laakajärvi 4/081, pinta												
2008	6,0		1									
2009												
2010												
2011	5,8	5,8	6	69	71	2	3	3	3	118	118	1
2012	5,8	5,6	10	35	48	10	3	3	9	203	220	5
Laakajärvi 4/081, pohja -1 m												
2008	5,8		1									
2009												
2010												
2011	5,7	5,3	6	70	72	2	3	5	3	132	132	1
2012	5,7	5,6	10	96	210	10	6	12	8	206	230	4