

Kainuun ELY-keskus  
Heli Peuraniemi  
PL 115  
87101 Kajaani

Lausuntopyyntöne 13.6.2013

## LAUSUNTO VESISTÖN PILAANTUMISEN MERKITTÄVYYDEN ARVIOIMISEKSI

### 1. Tausta

Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksessa (jatkossa ELY-keskus) on vireillä Talvivaaran kaivokseen liittyviä hallintopakon määräämistä koskevia toimenpidepyyntöjä, joissa on vaadittu mm. ympäristönsuojelulain (86/2000, jatkossa YSL) 84 a §:ään viitaten sitä, että Talvivaara määrätään korjaamaan vesistöjen pilaantunut tila ja luontovahingot.

YSL 84 a §:ssä säädetään määräyksestä vesistön merkittävän pilaantumisen ja luontovahingon korjaamiseksi. Sen 1 momentin mukaan tapauksessa, jossa 84.1 §:n 1 tai 2 kohdassa tarkoitetun rikkomuksen tai laiminlyönnin seurauksena aiheutuu merkittävää vesistön pilaantumista tai luonnonsuojelulain 5 a §:ssä tarkoitettu luontovahinko, on sen lisäksi, mitä YSL 84 §:n 1 momentissa säädetään, ELY-keskuksen määrättävä toiminnanharjoittaja ryhtymään eräiden ympäristölle aiheutuneiden vahinkojen korjaamisesta annetussa laissa (383/2009, jatkossa ympäristövastuulaki) tarkoitettuihin korjaaviin toimenpiteisiin. Lainkohdan 2 momentin mukaan tapauksessa, jossa vesistön merkittävä pilaantuminen tai luontovahinko on aiheutunut onnettomuuden tai muun ennakoimattoman syyn seurauksena, on ELY-keskuksen määrättävä vahingon aiheuttanut toiminnanharjoittaja ympäristövastuulaissa tarkoitettuihin korjaaviin toimenpiteisiin.

YSL 84 b §:ssä säädetään vesistön pilaantumisen merkittävyyden arvioinnista. Sen mukaan YSL 84 a §:ssä tarkoitettua vesistön pilaantumisen merkittävyyttä arvioitaessa on muun ohella otettava huomioon, mitä YSL 50.2 §:ssä säädetään. Tarkempia säännöksiä pilaantumisen merkittävyyden arvioimisesta ja arvioinnissa huomioon otettavista seikoista annetaan valtioneuvoston asetuksella. Ko. asetuksen säädösnumero on 713/2009 (jatkossa ympäristövastuuasetus).

Ympäristövastuuasetuksen 3 §:ssä säädetään yleisesti vesille aiheutuneen vahingon merkittävyyden arvioinnista. Säädöksen 1 momentin mukaan sen lisäksi mitä YSL 84 a §:ssä ja vesilain 21 luvun 3 c §:ssä säädetään, vesistön pilaantumisen ja muun haitallisen muutoksen sekä pohjaveden haitallisen muutoksen huomattavuutta arvioitaessa otetaan huomioon:

- 1) vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen (1022/2006) 3 §:ssä tarkoitetun vesiympäristölle vaarallisen tai haitallisen aineen pitoisuus vesistössä;
- 2) vesienhoidon järjestämisestä annetun valtioneuvoston asetuksen (1040/2006) 9 §:ssä mainitun pintaveden ekologista tilaa kuvaavan tekijän huomattava heikentyminen;
- 3) vesienhoidon järjestämisestä annetun valtioneuvoston asetuksen liitteen 7 kohdassa A mainitun pilaaavan aineen pitoisuus pohjavedessä, vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen 3 §:ssä tarkoitetun pohjavedelle vaarallisen aineen pitoisuus pohjavedessä, pohjaveden suolaantuminen tai pohjaveden pinnankorkeuden huomattava aleneminen sekä näiden vaikutukset maa- tai pintavesiekosysteemeihin taikka pohjaveden nykyiseen tai tulevaan käyttöön;
- 4) vaikutukset eräiden ympäristölle aiheutuneiden vahinkojen korjaamisesta annetun lain 4 §:n 2 kohdassa tarkoitettuihin luonnonvarapalveluihin.

Ympäristövastuuasetuksen 3.2 §:n mukaan arvioinnissa otetaan huomioon 1 momentissa tarkoitettujen muutosten tai vaikutuksen suuruus, kesto ja laajuus vesistöissä taikka pohjavedessä.

Kainuun ELY-keskuksessa suoritetaan parhaillaan harkintaa sen suhteen, onko Talvivaaran kaivoksen toiminnasta aiheutuneita vesistövaikutuksia pidettävä sellaisena merkittävänä pilaantumisenä, jota tarkoitetaan YSL 84 a §:ssä. Ao. lainsäädäntö on varsin vastikään säädettyä eikä sitä koskevaa soveltamiskäytäntöä ole hallintoviranomaisissa tai -tuomioistuimissa juurikaan ehtinyt muodostua. Merkittävien ympäristövahinkojen korjaamisesta annetussa menettelyoppaassa (ympäristöministeriön raportteja 2/2012) todetaan, että vahingon merkittävyyden arvioinnissa voidaan käyttää muiden viranomaisten, esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen, asiantuntija-apua.

Kainuun ELY-keskus pyytää edellä tarkoitettujen vesistövaikutusten merkittävyyden arvioimisen tueksi Suomen ympäristökeskukselta asiantuntijalausuntoa siitä, onko Talvivaaran toiminnasta ja/tai Talvivaaran kaivosalueella marraskuussa 2012 tapahtuneesta kipsisakka-altaan vuodosta aiheutunut YSL 84 a §:ssä tarkoitettua vesistön merkittävää pilaantumista.

Lausunnossa pyydetään erityisesti:

- Arvioimaan vesille aiheutuneen vahingon merkittävyyttä ympäristövastuuasetuksen 3§:ssä tarkoitettulla tavalla sekä
- erittelemään tilannetta vesistöittäin.

Käsillä oleva lausunto perustuu marras- ja joulukuussa 2012 tehtyyn Suomen ympäristökeskuksen raporttiin 11/2013 "Arvio Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuodon haitoista ja riskeistä vesiympäristölle", ISBN 978-952-11-4151-5 (PDF) (<http://hdl.handle.net/10138/38465>), raportissa käsiteltyihin analyysihin ja arvioihin sekä vuoden 2013 aikana Talvivaaran vesistö tarkkailutuloksiin ja valvovalta viranomaiselta, Kainuun Elinkeino, liikenne ja ympäristökeskukselta sekä Pohjois-Savon Elinkeino, liikenne ja ympäristökeskukselta saatuihin analyysituloksiin. Vuoden 2013 biologisia tarkkailutuloksia ei ole ollut laajamittaisesti käytössä tätä lausuntoa laadittaessa. Lausunnon laatimisen yhteydessä on myös tehty kenttäkäynti kohdevesistöille ja kaivosalueelle 15.8.2013.

## 2. Talvivaaran kaivostuotannon ja vesistövaikutusten kehittyminen

### 2.1. Kaivoksen toiminta

Talvivaaran kaivoksen alueella sijaitsee yksi Euroopan suurimmista sulfidisista nikkeliesiintymistä. Se sisältää Kuusilammen ja Kolmisopen mustaliuskepohjaiset malmiesiintymät, joista ensimmäisessä on aloitettu avolouhinta. Kaivoksen rakentaminen aloitettiin keväällä 2007 ja se jatkui vuoteen 2009. Tuotantoa aloitettiin jo vuonna 2008, mutta se ei ollut vielä jatkuvaa. Kaupallinen tuotanto alkoi vuonna 2009. Vuosina 2010 ja 2011 toimintaa oli jo läpi vuoden ja jätevesiä johdettiin loppuneutraloinnista jälkikäsitely-yksiköiden (LONE) kautta vesistöön lähes lupamääräysten mukainen maksimimäärä. Toiminnan keskeisimmät vaiheet ovat louhinta, murskaus, agglomerointi, biokasaliutus sekä metallien talteenotto. Biokasaliutus tarkoittaa metallien liuotusta malmista alueella luontaisesti esiintyvien bakteerien avulla. (Pöyry 2012)

Talvivaara jätti uraanituotteen kaivos- ja rikastustoimintaa koskevan hakemuksensa huhtikuussa 2010 sekä kesäkuussa 2011 hakemuksen kaivospiirin laajennuksesta noin 70 km<sup>2</sup>:lla noin 130 km<sup>2</sup>:iin. Lisäksi vireillä on ympäristö- ja vesitalouslupan lupamääräysten tarkistamishakemus, joka yhdistettiin uraanin talteenoton ympäristölupahakemuksen kanssa. (Talvivaaran kaivoksen ympäristöviestintä).

Uutta teknologiaa (bioliuotus) hyödyntävä hanke on aiheuttanut kuitenkin ongelmia. Talvivaaran läheisiin vesistöihin juoksetutetut jätevedet ovat sisältäneet arvioitua huomattavasti suurempia pitoisuuksia etenkin sulfaattia, mangaania ja natriumia (Pöyry 2012). Näiden aineiden pitoisuuksissa on havaittu merkittävää kohoamista luonnonpitoisuuksiin verrattuna kaivoksen rakentamisesta lähtien. Vesistöjä on tarkkailtu niin kaivos itse kuin konsulttiyhtiö ja viranomaiset, tarkoituksena selvittää jätevesien vaikutuksia vesien fysikaalisessa ja kemiallisessa laadussa ja biologiassa (esim. Pöyry 2012).

## 2.2. Kaivoksen sijainti

Talvivaaran kaivos sijaitsee Oulujoen ja Vuoksen vedenjakajalla ja jätevesiä johdetaan jälkikäsitteily-yksiköiden kautta suurin piirtein tasan molemmille vesistöalueille (kuva 1). Vedenjakaja-alueella vesistöt ovat yleisesti ottaen pieniä ja vedenvaihtuminen on hidasta, mikä on jätevesien sietokyvyn kannalta ongelmallista. Perustiedot vesistöistä on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1. Talvivaaran lähiympäristön järvien tärkeimmät hydrologiset ominaisuudet (Pöyry 2012).**

	Valuma-alue km <sup>2</sup>	Keskivirtaama m <sup>3</sup> /s	Pinta-ala ha	Tilavuus milj. m <sup>3</sup>	Viipymä vrk	Kumulatiivinen viipymä vrk
<b>Oulujoen vesistöalue</b>						
• Salminen	11,8	0,13	10,5	0,243	21	21
• Kalliojärvi	16,5	0,18	30	0,73	47	68
• Kolmisoppi	105	1,1	200	11	110	178
• Jormasjärvi	300	3,3	2200	183	640	818
<b>Vuoksen vesistöalue</b>						
• Ylä-Lumijärvi	7,1	0,08	6	0,06	11	11
• Kivijärvi	42,6	0,5	125	7,5	175	186
• Laakajärvi	463,9	5,1	3400	220	510	696

Oulujoen vesistöalueella pohjoisen Kärsälammen jälkikäsitteily-yksikön jälkeen ensimmäinen vastaanottava järvi on Salminen, jota seuraa Kalliojärvi, Kalliojoki, Kolmisoppi, Tuhkajoki, Jormasjärvi, Jormasjoki ja Nuasjärvi.

Vuoksen puolella Kortelammen jälkikäsitteily-yksikön jälkeen vedet kulkevat reittiä: Ylä-Lumijärvi, Lumijoki, Kivijärvi, Kivijoki ja Laakajärvi. Alueen vesistöt ovat luontaisesti happamia (Pöyry 2012). Luontainen happamuus voi olla peräisin luonnontilaisilta suo- ja turvemailta sekä maanpinnan läheisyydessä olevilta mustaliuske-esiintymiltä, jotka pääsevät kosketuksiin ilman kanssa. Sulfidimineraalien hapettuessa maaperään muodostuu rikkihappoa (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), joka sateiden mukana huuhtoutuu alapuoliseen vesistöön aiheuttaen voimakastakin happamoitumista sekä ajoittaista sulfaattipitoisuuden nousua. Happamat valumavedet liuottavat maaperästä myös metalleja, mikä voidaan havaita ajoittain kohonneina metallipitoisuuksina.

## 3. Kaivoksen yleiset vesistövaikutukset

### 3.1 Talvivaaran kaivoksen vesien tila ennen kipsisakka-altaan vuotoa marraskuussa 2013

Aiempien tutkimusten perusteella arvioitiin lokakuussa 2011 Salmisen veden olevan likaantunutta 2 metrin alapuolella. Likaantunut vesi määriteltiin vedeksi, jonka sähkönjohtokyky on yli 1000 mS/m. Kalliojärvässä suolaantunutta vettä oli 3 metrin alapuolinen tilavuus, sähkönjohtokyky yli 700 mS/m. Kolmisopessa vedenlaatu oli parempi. Myös nikkelin ja sinkin osalta Oulujoen vesistössä Kalliojoen suulla ylitettiin lähes koko vuoden 2010 haitallisena pidetty taso vesieliöille (kts. eliöille haitalliset tasot taulukosta 2), samoin kuin Kolmisopessa ja Tuhkajoessa kevästä syksyyn.

Vuoksen suunnassa vaikutuksia on ollut nähtävissä muun muassa happipitoisuuksissa, pH:ssa, sähkönjohtavuudessa sekä sulfaattipitoisuuksissa. Vuosina 2010 ja 2011 happipitoisuus laski pintakerroksissa lievästi Ylä-Lumijärvessä, Kivijärvessä ja Laakajärvessä. Kivijärvessä alusveden happipitoisuus heikkeni kesästä 2011 lähtien eniten. Kesällä 2008 pH oli alimmillaan Ylä-Lumijärvessä tasolla 4, kesällä ja syksyllä 2011 Kivijärvessä pH oli 4,8–4,9 sekä Laakajärvessä keskimäärin 5,5. Kalkkimaidon käytön myötä pH nousi Ylä-Lumijärvessä tasolle 8–9. Sähkönjohtavuusarvot olivat koholla Laakajärvessä asti kesästä 2010 alkaen. Mangaanin osalta ylitettiin eliöstölle haitalliset tasot niin Kivijärvessä, Ylä-Lumijärvessä kuin Lumijoessa. Lisäksi Ylä-Lumijärvessä ja Lumijoessa ylitettiin nikkelin, sekä lähinnä talvella myös sinkin, pitoisuuden haitallinen taso. Vuoden 2011 lopulla vesieliöille haitallinen taso ylittyi mangaanipitoisuuksien puolesta niin Sal-

misen, Kalliojärven kuin Kivijärven alusvesissä. Lisäksi kalastolle haitallisen alhaisia pH-arvoja on esiintynyt vuoden 2011 aikana niin alus- kuin päällysvedessä.

Piilevätutkimuksessa vuonna 2010 oli havaittu, että Tuhkajoessa olivat rehevyyttä, vähemmän happea vaativat ja orgaanista kuormitusta ilmentävät lajit lisääntyneet. Lumijoen lajisto oli muuttunut täysin ilmentäen rehevyyttä, kohonneita suolapitoisuuksia ja emäksisiä olosuhteita. Lisäksi lajisto oli yksipuolistunut taksonimäärän vähennyttyä kolmanneksella. Pohjois-Savon Ely-keskuksen tekemissä piileväseurannoissa on havaittu Kivijärven alapuolisessa Kivijoessa jopa neljänneksen piilevälajeista olevan murtovesilajeja (Eco-monitor 2012). Suolaantumisen vaikutuksesta leväyhteisön ilmentämä ekologinen tila on siis merkittävästi huonontunut. Kallio- ja Kivijärvessä myös syvänpohjaeläimistön muutokset osoittavat ekologisen tilan muuttumista huonoksi. Vesikasvillisuudessa ei muutosta ole tapahtunut, mutta vesikasvit reagoivatkin vasta pitkäaikaiseen muutokseen. Kasviplanktonin lajistossa ja biomassassa muutos on ollut vähäinen. Ylä-Lumijärvessä kasviplanktoniyhteisö on kuitenkin merkittävästi muuttunut ja hyvin vähäinen. Kalasto on niukka, mutta säilynyt ilmeisesti ennallaan ennen kipsisakka-altaan vuotoa.

Ylä-Lumijärven viipymä on lyhyt ja veden laatu seuraa kuormituksen vaihteluita. Lokakuussa 2011 Kivijärvessä puolestaan 4 metrin alapuolinen vesi oli suolaantunutta, noin 500 mS/m ja järven havaittiin olevan voimakkaasti kerrostunut. Laakajärven tilanne oli parempi, vaikkakin ainepitoisuuksissa oli nähtävissä kasvua.

Talvivaaran lähivesistöjen tilan voidaan katsoa muuntuneen voimakkaasti ja Suomen oloissa hyvin poikkeuksellisella tavalla. Suolaantumisen ja siitä seuranneiden happiongelmiä vaikutus järvien tilaan riippuu siitä, kuinka pitkään tilanne jatkuu nykyisenlaisena ja missä määrin järvien eliöstö on jo nyt kärsinyt muutoksista. Voimakkaimmat muutokset näyttävät rajoittuneen lähijärviin. Kauempana kaivoksesta sijaitsevien järvien muuttuneisuuden arviointi on vaikeaa, sillä se edellyttäisi – tiheän vedenlaatu seurannan ohella – tarkkoja tietoja järvien valuma-alueella tehdyistä muista toimista. Vesistövaikutusten arviointia vaikeuttaa myös se, että sulfaatin, natriumin ja mangaanin pilaamista pintavesistä on Suomessa melko vähän tietoa.

Veden sulfaattipitoisuus voi vaihdella sekä luonnollisesti että ihmistoiminnan seurauksena. Sulfaatti on luonnossa yleinen yhdiste ja merivedessä sitä on noin 2700 mg/l. Sen sijaan järvi- ja jokivesissämme sulfaattia on vain muutamia milligrammoja litrassa. Sulfaatti yhdessä natriumin kanssa aiheuttaa veden suolaantumista. Suolainen vesi on makeaa vettä painavampaa ja painuu alusveteen aiheuttaen pysyvää kerrostuneisuutta. Tämä johtaa järvien kevät- ja syyskiertojen estymiseen. Pinnan hapekas vesi ei sekoitu alusveteen, mikä aiheuttaa hapettomuutta alusveteen. Hapettomissa oloissa sulfaatti pelkistyy sulfideiksi. Sen seurauksena pohjan läheisiin vesikerroksiin muodostuva rikkivety on eliöille myrkyllistä jo erittäin pieninä pitoisuuksina. Sulfaatin pelkistyminen vaikuttaa muiden aineiden, kuten hiilen, typen, fosforin ja raudan kiertoon.

Kun vedessä on sulfaattia, tapahtuu kemiallisia reaktioita, joiden seurauksena rauta ei kykene sitomaan fosforia, vaan sitä vapautuu veteen. Pohjasedimentistä veteen vapautunut fosfori aiheuttaa rehevöitymistä. Eliötesteissä on käytetty sulfaattipitoisuuksia välillä 500 – 14 000 mg/l ja todettu, että näissä pitoisuuksissa puolet testikalosta kuolee (LC<sub>50</sub>). Kuolleisuuden havaittiin olevan riippuvainen myös veden muista ominaisuuksista, kuten kovuudesta ja kiintoaineksesta. Suolaisuuden nousu ja sen aiheuttama alusveden happivaive aiheuttaa kuitenkin muutoksia myös biologiassa (esim. pohjaeläimet). Vesiselkärangattomat ja pohjaeliöstö ovat useimpien kalojen poikasvaiheiden ja myös monien aikuisten kalojen ravintokohteita ja siten epäsuorat vaikutukset kalastoon voivat olla merkittävät. Lisäksi on todennäköistä, että kalojen varhaiset elinvaiheet ovat monin verroin herkempiä korkeille sulfaattipitoisuuksille kuin aikuiset yksilöt.

### 3.2 Pohjavesien tila ennen kipsisakka-altaan vuotoa

Kaivoksen pohjavesitarkkailuun on sisällytynyt näytteiden otto ja analysointi 14 talousvesikaivosta kaivospiirin alueelta ja kaivoksen ympäristöstä sekä kalliopohjaveden tarkkailu 14 pohjavesiputkesta kaivospiirin alueelta. Näiden veden laadun tarkkailutulosten (2008–2013) perusteella valumavesiä on ennen syksyn 2012 kipsisakka-altaan vuotoa kulkeutunut tehdasalueen ja liuotusalueiden alueella pohjaveteen. Selvimmin tämä näkyi sähkönjohtavuuden sekä sulfaatti- ja nikkelpitoisuuden muutoksissa. Paikoitellen kalliopohjaveden kohonneet pitoisuudet ovat tehdas- ja liuotusalueella ylittäneet sulfaatin osalta talousveden laatusuosituksen (250 mg/l) ja pohjaveden ympäristölaatu normin (EQS, 150 mg/l) sekä nikkelin osalta talousveden laatusuosituksen (20 µg/l) ja pohjaveden EQS-arvon (10 µg/l). Pilaantuneen veden määrää ja tarkkaa esiintymisaluetta ei puutteellisen tutkimustiedon perusteella pysty arvioimaan. Alue, jossa on havaittu pinta- ja pohjavesien pilaantumista, ei kuitenkaan ole vedenhankinta-alueeksi luokitellulla pohjavesialueella.

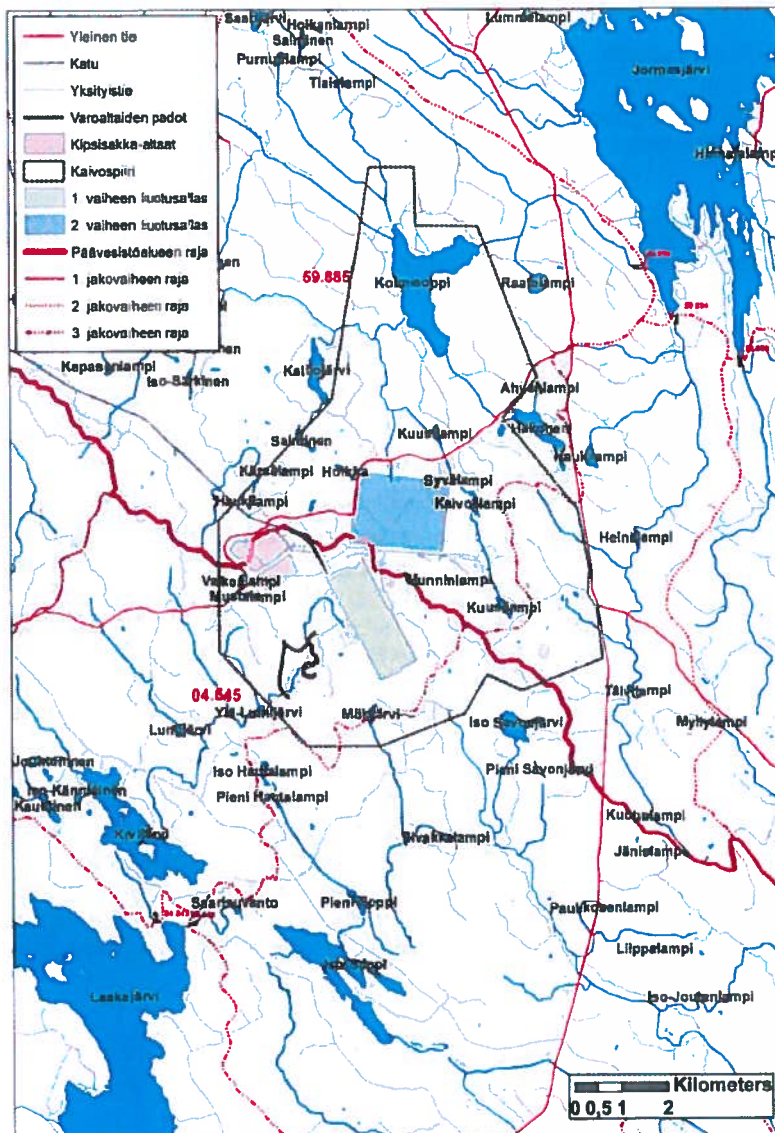


### 3.3 Kipsisakka-altaan vuodon vaikutukset Talvivaaran alapuolisiin vesistöihin

Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuoto havaittiin 4.11.2012 ja se jatkui 15.11.2012 asti. Eteläisiin lähivesiin joutui onnettomuuden seurauksena moninkertaiset määrät eliölle haitallisia aineita Talvivaaran kaivoksen vuosittaiseen kuormituksen verrattuna. Talvivaaran kaivosalueen ulkopuolelle eteläisiin lähivesiin arvioitiin purkautuneen noin 200 000 m<sup>3</sup> jätevettä ja pohjoiseen, Oulujoen vesistön latvaosaan, noin 20 000 m<sup>3</sup>.

- Oulujoen vesistöalueella, pohjoisen Kärsälammen jälkikasittely-yksikön jälkeen, ensimmäinen vastaanottava järvi on Salminen, jota seuraavat Kalliojärvi, Kalliojoki, Kolmisoppi, Tuhkajoki, Jormasjärvi, Jormasjoki ja Nuasjärvi. Oulujoen vesistöalueelle on päässyt vesiä myös kaivoksen rakennus-työmaalta ja Kuusilammen kuivatusvesiä on johdettu Kuusijoen kautta Kalliojokeen.
- Etelän suunnalla purkureittiin kuuluvat vesistöt ovat Kortelammen jälkikasittely-yksikön jälkeen lähältä alaspäin lukien Ylä-Lumijärvi, Lumijoki, Kivijärvi, Kivijoki ja Laakajärvi. Laakajärvestä vesistöreitti jatkuu Nilsin reitin järviä ja jokia pitkin Saimaalle.

Suomen ympäristökeskus julkaisi 1.3.2012 raportin "Arvio Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuodon haitoista ja riskeistä vesiympäristölle". Vuodon seurauksia tarkasteltiin ajanjaksolla 5.11.2012 – 31.12.2012. Väitöntä vesistökuormitusta arvioitiin sekä ympäristömittausten että mallinnuksen avulla. Raportin tuloksia käydään läpi seuraavissa kappaleissa täydennettynä uusimmilla mittaustuloksilla.



Kuva 1. Talvivaaran kaivospiiri lähivesistöineen.

### 3.4 Haitallisten aineiden pitoisuus kipsisakka-altaassa ja jätevesipäästössä

Kipsisakka-altaan sisältämän aineksen pitoisuudet vaihtelevat ja esimerkiksi 4.4.2012 mitattu nikkelpitoisuus on ollut 45,9 mg/l ja kadmiumpitoisuus 0,1 mg/l. Vertailun vuoksi vuoden 2012 tammi-syyskuussa jälkikäsitteily-yksiköiltä luontoon johdettavien vesien nikkelpitoisuudet olivat keskimäärin 0,13 mg/l etelän suuntaan ja 0,02 mg/l pohjoisen suuntaan.

Vuototapahtuman aikana ja sen jälkeen käytettiin neutralointikemikaaleja, muun muassa kalkkia saostamaan metalleja jätevedestä kaivosalueen sisällä olevilla jälkikäsitteilyalueilla, luontoon johdetuista virroista sekä kaivosalueen ulkopuolisilla lähialueilla akuutin vuototilanteen aikana. Lähivesien kalkitusta jatkettiin 24.11.2012 asti.

Ainekulkeumia mallinnettiin SYKEN vesistömallijärjestelmällä (VEMALA). Mallinnuksen lähtöoletukset on esitetty taulukossa 1. Kuormitusmalli olettaa sekoittumisen tapahtuvan koko vesimäärään kuormituksen edessä vesistöissä. Malli ei siis ota huomioon mahdollista järvien kerrostuneisuutta. Joen tilavuuden mukainen viipymä otettiin huomioon tuloksissa. Jatkuvien virtaamamittausten puute heikentää tulosten luotettavuutta vähäjärvisessä pienessä vesistössä, jossa sadannasta johtuen valunta vaihtelee merkittävästi päivittäin.

**Taulukko 1.** Lähtöoletukset mallinnukselle pohjoiseen ja etelään.

Pohjoisen suuntaan Salmiseen kohdistuu 652 kg nikkeli-kuorma, joka perustuu seuraaviin tietoihin:

- Nikkelpitoisuus vuotovedessä 32,6 mg/l (mitattu suodatettu pitoisuus 6.11.2012, Labtium Oy)
- Jätevesivirtaama Salmiseen 20 000 m<sup>3</sup>
- Epävarmuudet vesimäärissä, järvien kerrostuneisuuden vaikutuksessa, sedimentoitumisessa järviin ja jokiuomiin sekä kalkituksen vaikutuksessa aiheuttavat usean kymmenen prosentin epävarmuuden ainekulkeumalaskelmiin.

Etelän suuntaan johdettaville vesille käytetään seuraavia Kainuun ELY-keskuksen ilmoittamia vuotovesien juoksutus- ja pitoisuustietoja (pitoisuustiedot Sari Myllyojalta 11.11.2012)

- 9.11. 3000 m<sup>3</sup>/h (24h). Nikkelpitoisuus 4 mg/l, kuorma 288 kg
- 10.11. 4000 m<sup>3</sup>/h (24h). Nikkelpitoisuus 11 mg/l, kuorma 1056 kg
- 11.11. 2000 m<sup>3</sup>/h (14h). Nikkelpitoisuus 20 mg/l, kuorma 560 kg

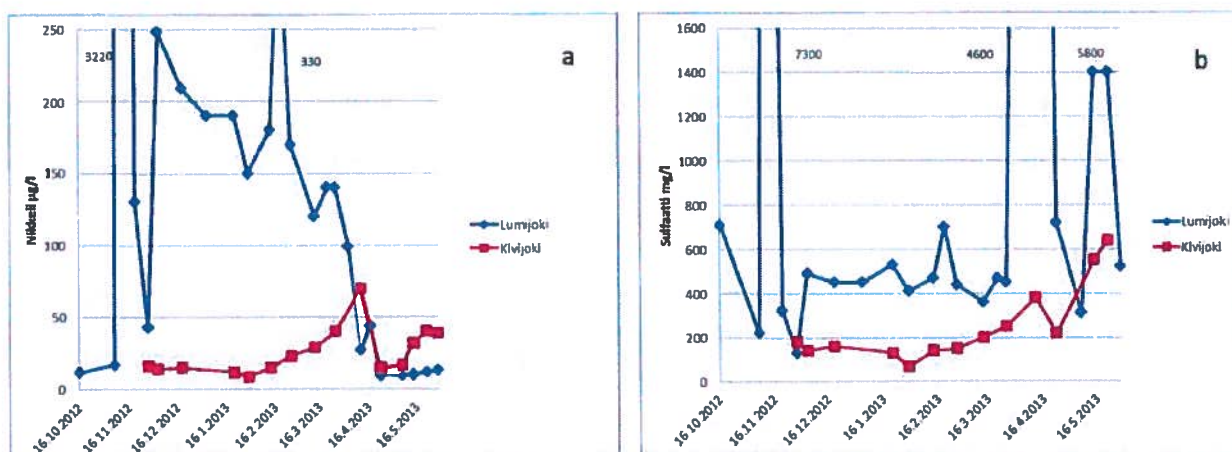
Kuormituslaskelmat perustuvat mitattuihin pitoisuuksiin ja VEMALA-vesistömallilla laskettuihin virtaamiin, koska jatkuvat havainnot virtaamista puuttuivat. Marraskuun lopun tilanteen mukaan arvioituna pohjoiseen Kalliojärveen oli kulkeutunut nikkeliä lähes 400 kg, sinkkiä noin 160 kg, uraania noin 10 kg ja kadmiumia noin 0,5 kg. Vastaavasti etelään Kivijärveen oli kulkeutunut nikkeliä lähes 1800 kg, sinkkiä n. 800 kg, uraania yli 60 kg ja kadmiumia noin 2 kg. Vuoden 2010 kokonaiskuormitukseen verrattuna onnettomuustilanne aiheutti noin seitsemänkertaisen nikkelpäästön ja noin kymmenkertaisen sinkkipäästön. Vuoden 2011 kokonaiskuormitukseen verrattuna nikkelpäästö oli kaksikymmentäseitsemänkertainen ja sinkin osalta viisitoistakertainen. Suurin osa päästöstä on pohjoisen suunnassa pidähtynyt Kalliojärveen ja etelän suunnassa Kivijärveen.

Vesistömallijärjestelmä käyttää oletuksena jatkuvan sekoituksen periaatetta, joten mallitarkastelua varten esitettiin oletuksena että osa haitta-aineesta sedimentoituu tai jää järven alusveteen. Sedimentoitumis- ja vapautumiskerointa muuttamalla sekä alusveden määrän perusteella saadaan mallitulos vastaamaan hyvin havaittuja pitoisuuksia. Suurimman epävarmuuden aiheuttaa virtaama- ja vedenkorkeustietojen puutteellisuus. Ainoastaan Kalliojoessa on jatkuvatoiminen mittausasema, mutta sen yläpuoliset tiedot perustuvat vain muutamiin onnettomuustilanteen aikana tehtyihin kertamittauksiin. Kalliojoen mittausaseman tulokset olivat käytössä päiväkeskiarvoina.

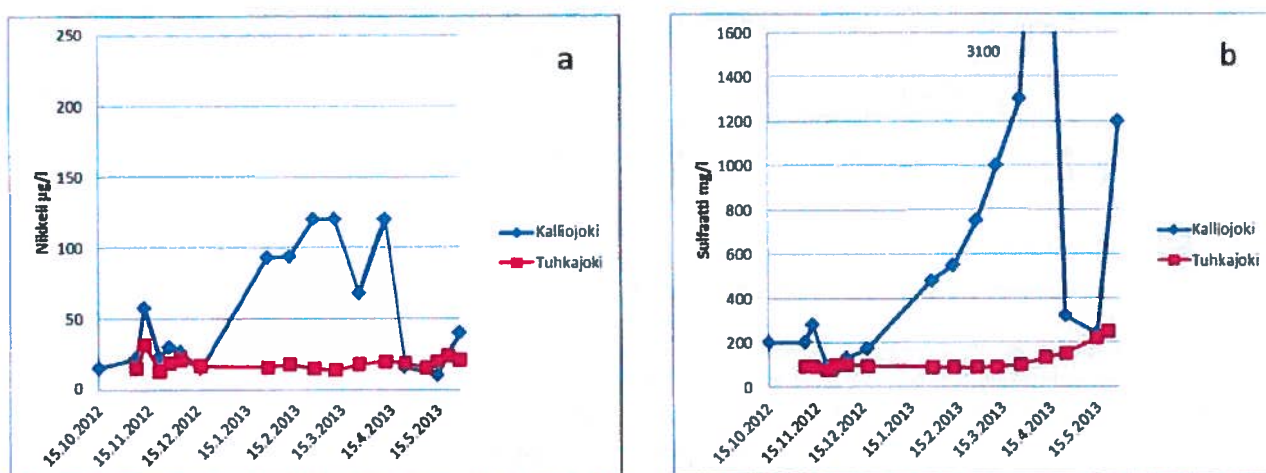
### 3.5 Kipsisakka-altaan aiheuttaman päästön kulkeutuminen ja poikkeusjuoksetusten vaikutus

Jätevedet kulkeutuivat vesistöön 11.11.2012 alkaen pulssimaisena päästönä, jolloin mitatuissa metallipitoisuuksissa havaittiin selvä piikki (Kuvat 2-3). Lumijoesta tällöin otettujen näytteiden perusteella kaivosalueen eteläisen puolen vesistöön oli päässyt nikkelin ja sinkin lisäksi korkeina pitoisuuksina muun muassa kadmiumia, alumiinia, rautaa, mangaania ja uraania. Lisäksi vesistöön oli päässyt mm. lyijyä, arseenia ja kuparia, mutta niiden pitoisuudet olivat huomattavasti pienempiä. Kaikkiaan vesistöstä mitattiin yli 20 alkuainetta joiden pitoisuus lisääntyi vuodon seurauksena (SYKEN raportti 1.3.2013).

Vuoksen suunnalla nikkeli- ja sulfaattipitoisuudet nousivat päästön jälkeen Lumijoessa nopeasti, mutta Kivijärven alapuolisessa Kivijoessa päästön vaikutukset näkyivät vasta keväällä (Kuva 2). Lumijoen sulfaattipitoisuudet nousivat uudelleen keväällä varoaltaiden poikkeusjuoksetusten alettua. Oulujoen suunnalla aines pidättyi Kalliojärven ja pitoisuudet alapuolisessa Kalliojoessa nousivat vasta talvella, Tuhkajoessa vasta keväällä (Kuva 3). Virtaamat olivat talvella kuitenkin verrattain pieniä ja alapuoliseen vesistöön kulkeutunut ainemäärä oli melko vähäinen. Aineiden pidättymistä tarkastellaan erikseen myöhemmin tässä lausunnossa.



**Kuva 2.** Nikkelin (a) ja sulfaatin (b) pitoisuudet Lumijoesta (maantiesilta) ja Kivijoesta (lähellä Kivijärven luusuaa) mitattuna. Aineistona on käytetty ainoastaan akkreditoitujen laboratorioiden tuloksia.



**Kuva 3.** Nikkelin (a) ja sulfaatin (b) pitoisuudet Kalliojoesta (lähellä Kalliojärven luusuaa) ja Tuhkajoesta (maantiesilta) mitattuna. Aineistona on käytetty ainoastaan akkreditoitujen laboratorioiden tuloksia.

Luonnossa metallien myrkyllisyydessä on yleensä kyse niiden yhteisvaikutuksista. Eri metallit voivat joko suoraan lisätä toistensa myrkyvaikutuksia tai yhdessä aiheuttaa suuremman häiriön eliöiden tasapainotilaan. Kalojen ja muiden eliöiden kannalta oleellisia ovat ääri-ilmiot eli happamuuden ja metallipitoisuuksien maksimiarvot sekä niiden nopeat muutokset. Eliöihin vaikuttavan pitoisuustason ylittivät selvimmin alumiini, nikkeli ja sinkki, mutta myös uraani ja kadmium.

Todennäköisesti vaikutusta oli myös mangaani- ja rautapitoisuudella.

Eteläinen Kivijärvi ja pohjoinen Kalliojärvi ovat hyvin erilaisia ominaispiirteiltään ja siten ne ovat reagoineet jätevesipäästöihin eri tavoin. Etelän suunnalla Kivijärvessä jätevesipäästö kulkeutui järven alusveteen ja jäi pääosin paikoilleen. Tästä syystä pitoisuudet olivat paikallisesti selvästi aiempaa suuremmat. Toisaalta esimerkiksi kalaston kannalta järven päällysvesi erityisesti luoteispuolella ei todennäköisesti eronnut päästöä edeltävästä tilanteesta. Sen sijaan pohjoisen suunnalla Kalliojärvessä haitallisten aineiden pitoisuudet ovat tasaisemmin jakautuneet koko järveen eivätkä alueen eliöt voi välttää heikentyneitä olosuhteita.

## 4. Talvivaaran kaivostoiminnan ja kipsisakka-altaan vuodon vaikutukset lähivesiin vuonna 2013

### 4.1 Yleistä

Kevään 2013 tilannearviossa keskityimme varsinaisiin vesiputedirektiivin mukaisiin vesimuodostumiin, jotka ovat pohjoisen suunnassa Kolmisoppi ja Jormasjärvi sekä etelän suunnassa Kivijärvi ja Laakajärvi. Vaikutustarkastelu painottuu metalleihin, koska kipsisakka-altaan vuoto sisälsi erityisesti niitä, kun taas sulfaattia (ja mm.natriumia) on joutunut vesistöihin pitkällä aikavälillä (kts. kohta 3.3). Tilanteen tarkastelu on myös keskittynyt eteläiseen suuntaan, koska kuormitus sinne oli metallista riippuen noin 3-6 kertainen pohjoisen suuntaan verrattuna.

### 4.2 Talviaika

Kipsisakka-altaan vuodon johdosta kertyi suuri määrä raskasmetalleja ja metallisuoloja Kivijärveen (kohta 3.2). Nämä metallimassat eivät laskeutuneet sedimenttiin alkutalven aikana. Helmikuussa arvioitiin, että mikäli Kivijärveen lasketaan suolaisempaa vettä, saattavat metallimassat liikkua eteenpäin Laakajärveen. Kivijärven tarkkailutulosten 18.2.-21.2.2013 perusteella voitiin olettaa valtaosan metalleista jääneen 2-4 metrin syvyyteen eräänlaiseksi patjaksi luusuan edustalle. Uraanista oli sedimentoitunut hieman suurempi osuus kuin nikkelistä, sinkistä tai kadmiumista. Mangaanin pitoisuus oli suuri (39 mg/l), joten sen kulkeutumisen Laakajärveen arvioitiin olevan merkittävää. Mangaani ei saostu luonnonveden pH-lukemissa, vaan vaatii ainakin yli 8 pH:n saostuakseen. Mangaanin vaikutukset ovat samankaltaisia kuin alumiinilla ja se voi aiheuttaa < 5-10 mg/l pitoisuuksissa lyhytaikaisesti kalojen lisääntymisvaikeuksia, vesikirppujen kuolemista (LC<sub>50</sub>), sekä vähentää leväkasvua. Mangaani voi lisätä fosforin sitoutumista, mikä vähentää rehevöitymistä.

Laakajärvellä nikkelipitoisuudet pintavedessä eivät helmikuussa olleet eliöille haitallisella tasolla (2 µg/l), mutta alusveden pitoisuudet (21 µg/l 4,4 metristä alaspäin) ovat lähellä laatunormia. Nikkelille ei ole määritelty hetkellistä laatunormia, vaan vuosikeskiarvo koko vesimuodostumalle.

Helmikuisten analyysitulosten perusteella kadmiumin pitoisuuksien nousu päästön seurauksena ei Laakajärvessä vaikuta merkittävältä. Syvänteiden pitoisuudet (0,08 µg/l) viittaavat kuitenkin aikaisempiin kulkeutumisiin. Sinkin ja uraanin lisäykset Laakajärvessä ovat pieniä. Mangaania syvemmissä vesikerroksissa oli alkukevästä noin 2 mg/l.

### 4.3 Avovesikausi

Talvivaaran kaivokselta on juoksutettu kevään aikana 0,9 miljoonaa kuutiometriä etelään ja 1,3 miljoonaa kuutiometriä pohjoiseen. Pohjoiseen juoksutetuista vesistä osa (0,4 Mm<sup>3</sup>) oli loppuneutraloinnin ylitettä eli metallitehtaan puhdistettua poistovettä. Kevään juoksutuksista aiheutui Talvivaaran oman arvion mukaan 10 000 tonnin sulfaattikuormitus, joka jakaantui Oulujoen suuntaan 6 600 tonnia ja Vuoksen vesistöön 3 400 tonnia. (<http://paikanpaalla.fi/talvivaara-arvioi-ylimaaravesien-maaraa/> 18.6.2013)

Kenttämittausten (ns. YSI-laitteisto) perusteella kevään juoksutusten aiheuttama suolapulssi on todennäköisesti Kivijärvessä valunut alus- ja pintaveden välissä eräänlaisena patjana, jolloin osa voimakkaasti metallipitoisista alusvesistä on kulkeutunut Kivijoen kautta Laakajärveen. Päällysveden vähemmän suola- ja metallipitoiset vedet kulkeutuivat sulamis- ja valumavesien mukana osin sekoittumatta metallipitoisiin vesiin.

Sulamisen alettua huhtikuussa 2013 veden alle joutui alueita, joita oli kalkittu kipsisakka-altaan vuodon vuoksi (ns. majavapato tapaus). Tämän seurauksena Lumijoen ja myös Kivijoen pH nousi useiden päivien ajaksi eliöille haitalliselle tasolle (pH 10-12). Nopeat pH vaihtelut johtavat eliöstökuolemiin ainakin jokialueilla.



Kokonaisvaikutuksena kevään sulamisvesien, puhdistettujen (mutta suolapitoisten ja emäksisten) juoksuvesien, osittaisen sekoittumisen ja saostumisen seurauksena Kivijärven vesimassan metallipitoisuudet vähenivät jopa 50-60 prosenttia (Al, Ni, U, Cd, Zn) helmikuuhun verrattuna. Osa tästä massasta on kulkeutunut Laakajärveen ja osa sedimentoitunut Kivijärveen. Kulkeutumisesta on tehty arvio kappaleessa 3.2.

Kivijärven nikkeli-, sinkki- ja mangaanipitoisuudet ovat edelleen niin korkeita, että niillä on vaikutuksia eliöihin. Alusvedessä myös kadmiumin ja alumiinin pitoisuudet ovat tasolla, jolla voi olla eliöstövaikutuksia. Kivijärvessä nikkelin laatu normi ylittyy, mikäli tilanne jatkuu syksyllä samanlaisena. Tämä tarkoittaa, että vuosikeskiarvo koko vesimassassa ylittää normin. Kolmisopessa nikkeli-, sinkki- ja mangaanipitoisuudet ovat pinta- ja välivedessä lähes samalla tasolla kuin Kivijärvessä. Alumiinin ja kadmiumin pitoisuudet ovat jopa suuremmat.

Laakajärven nikkelpitoisuus vaihteli 6 – 16 µg/l, kadmium 0,03 – 0,04 µg/l ja uraani 0,1-0,3 µg/l. Nämä pitoisuudet ovat selvästi alle eliöille haitallisen tason. Alusveden mangaanipitoisuus 2100 µg/l voi olla eliöille haitallista. Sekä Jormasjärven että Laakajärven nikkeli-, kadmium- ja lyijypitoisuudet olivat toukokuussa 2013 alle ympäristölaatu normin. Jormasjärven on sinkkiä eliöihin vaikuttavalla tasolla. Arseenin, kuparin ja kromin pitoisuudet olivat kaikissa neljässä järvessä selvästi alle arvioitujen vaikutustasojen.

**Taulukko 2. Metallien raja-arvoja ja vaikutustasoja sekä toukokuun tarkkailutulokset järvillä (pinta - pohja) (µg/l). Vaikuttavien tasojen ylitykset lihavoituna.**

	Ni	Cd	Pb	Zn	U	Al	Mn
Lyhytaikainen raja-arvo		1,5 <sup>1</sup>		23-33 <sup>3</sup>	33 <sup>4</sup>		
Pitkäaikainen raja-arvo	22-35 <sup>1</sup>	0,1-0,8 <sup>1</sup>	8 <sup>1</sup>	8-11 <sup>3</sup>	15 <sup>4</sup>	50-500 <sup>7</sup>	
Raja-arvo ravintoketjun kautta		0,26 <sup>2</sup>					
SYKEN käyttämä ohjeellinen vaikutustaso	30-50	0,5-1,5	10	30-50	30	500-1000	1000-5000
Kivijärvi 7	<b>39-1600</b>	<b>0,06-1,2</b>	0,2-0,25	<b>31-600</b>	0,6-11	<b>130-2100</b>	<b>6400-190000</b>
Laakajärvi 13	6-16	0,02-0,03	0,15-0,12	7-12	0,13-0,29	170-170	650-2100
Kolmisoppi	20-63	0,2-0,3	<0,05	<b>61-280</b>	2,4-0,75	<b>1300-310</b>	<b>3700-3100</b>
Jormasjärvi 13	11-15	0,1-0,2	0,15-0,06	<b>92-39</b>	0,12-0,16	230-280	210-550

<sup>1</sup> VNA 1022/2006 (taustapitoisuus huomioiden)

<sup>2</sup> Euroopan komissio CIRCABC

<sup>3</sup> Euroopan komissio CIRCABC (biosaatava osuus)

<sup>4</sup> Canadian Council of Ministers of the Environment 2011

<sup>6</sup> Naturvårdsverket 1999

<sup>7</sup> riippuu hyvin paljon humuksen ja kalsiumin pitoisuudesta

Biologista tarkkailua (kalat, pohjaeläimet) on tehty kesällä ja alkusyksyllä 2013, mutta lopulliset tulokset eivät ole vielä saatavilla. Alustavien tulosten (jokien sähkökoekalastukset, järvien koeverkot) perusteella mitään erityisen suuria yhteisömuutoksia ei ollut havaittavissa, ainoastaan voimakkaasti kalkitussa Lumijoessa tavattiin tyhjä koealue. (Taskila, suullinen tiedonanto). Tuhkajoen taimenkanta vaikutti elinvoimaiselta ja edes voimakkaasti kerrostuneessa Kalliojärvessä ei havaittu muutoksia edelliseen vuoteen.

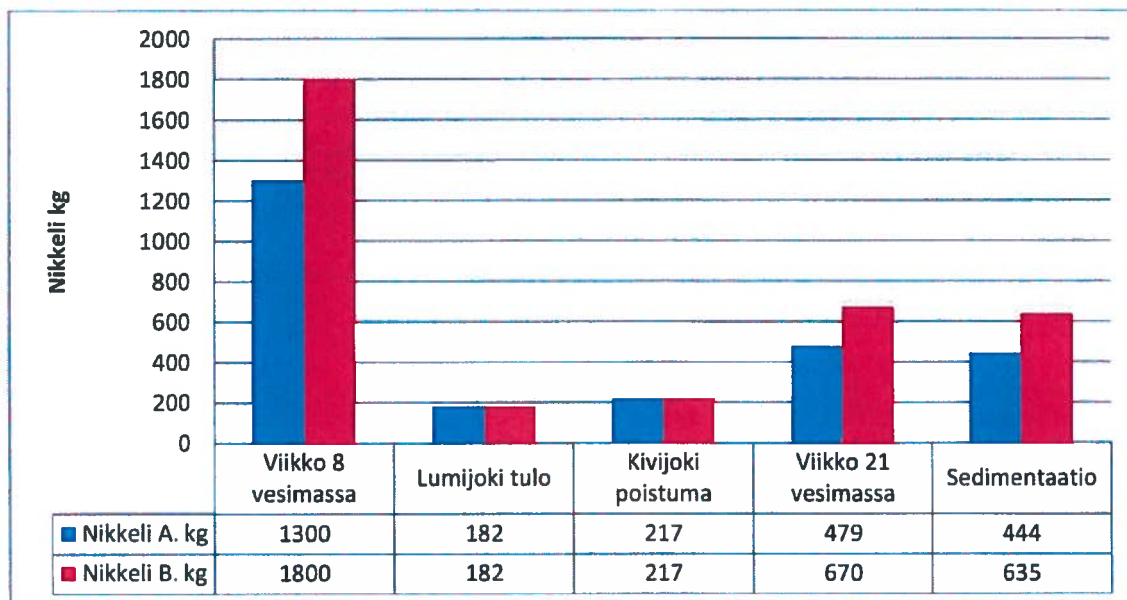
Tuloksia jokien pohjaeläin koostumuksesta ei ole vielä määritettynä pato-onnettomuuden jälkeiseltä ajalta, mutta verrattaessa vuosien 2008 ja 2010 tuloksia (Pöyry) vuoteen 2012 (Salmelin julkaisematon aineisto), yhteisön koostumus ilmentäisi Lumijoessa keskimäärin hyvää tilaa, tyydyttävää Kalliojoessa ja erinomaista Tuhkajoessa. Toisaalta Lumiojoen ja Kalliojoen pohjaeläimistön koostumusta mittaava muuttuja viittaa heikentyneeseen tilaan (tyydyttävä/välttävä).

Varsinaisia kipsisakka-altaan vuodon ekologisia vaikutuksia on vielä liian aikaista arvioida, sillä muutokset ravintoverkossa tai eliöiden lisääntymisessä ilmenevät vasta pidemmällä aikavälillä.

#### 4.4 Jätevesipäästön pidättyminen ja vapautuminen Kivijärvessä

Vuoksen vesistön tilan kannalta aineksen pidättyminen tai vapautuminen Kivijärvessä on avainasia. Helmikuun lopussa (viikko 8) Kivijärvessä tehtiin kattava näytteenotto. Sen perusteella järven vesimassassa laskeettiin sulfaattia olevan noin 11 000 tonnia ja nikkeliä 1 300 – 1 800 kg. Avovesikauden alussa Talvivaaran

poikkeusjuoksutusten jälkeen tehtiin hieman suppeampi näytteenottokierros, jonka perusteella arvioitiin sulfaattia olevan 13 – 14 000 tonnia ja nikkeliä 479 – 670 kg. Sulfaatin määrä oli siis kasvanut, mutta nikkelin pienentynyt merkittävästi. Vemala -mallin antaman virtaamatiedon ja vedenlaadun mittaustulosten (Kuva 3) perusteella laskettiin Kivijärven nikkelitase (Kuva 4). Laskelman virhelähteenä on todellisten virtaamhavaintojen puuttuminen, laadukkaiden vedenlaatuhavaintojen vähäisyysjokialueella ja ennen kaikkea Kivijärven vesimassan ainemäärien arvioinnin epävarmuus. Esimerkiksi Lumijoen laskelmassa virhelähteet voivat aiheuttaa useiden kymmenien kilojen virheen.



**Kuva 4.** Nikkelin määrän muutokset Kivijärvessä, laskennassa on käytetty molempia massamääriä (A ja B).

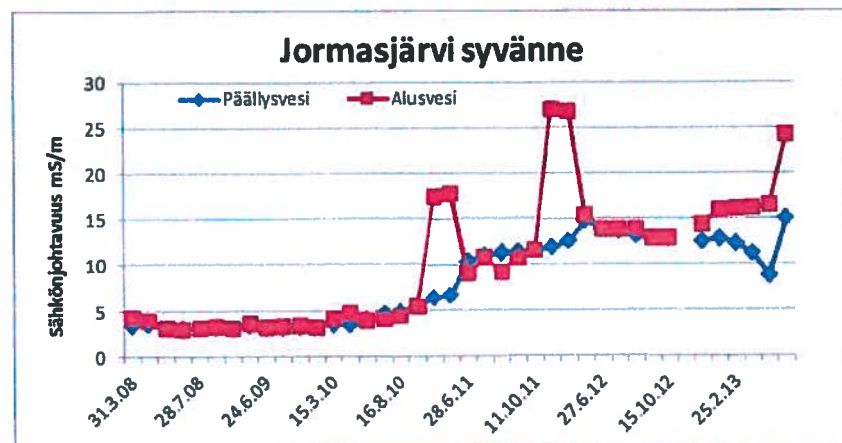
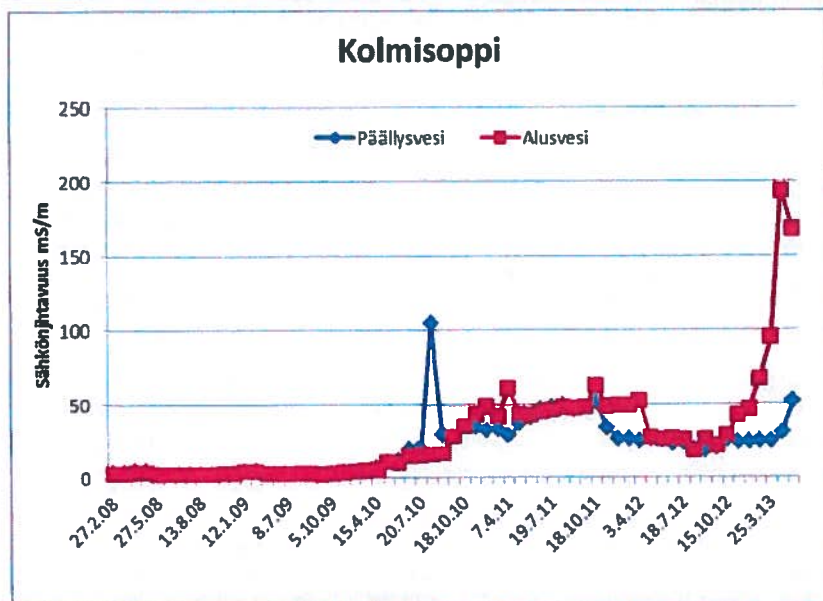
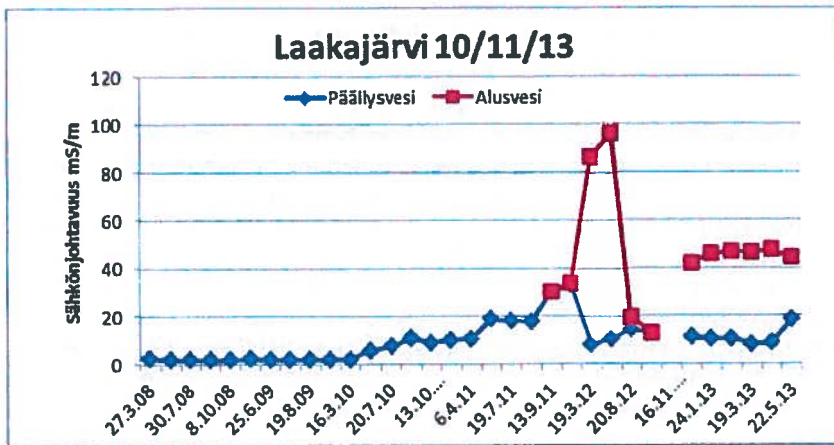
Tarkasteltaessa nikkelin määrää voidaan karkeasti arvioida, että noin kaksi kolmasosaa ainemäärästä on hävinnyt kahden kevätkuukauden aikana (Kuva 4). Poistuneesta määrästä noin yksi neljäsosa on kulkeutunut Kivijoen kautta Laakajärveen ja kolme neljäsosa sedimenttiin. Järven kerrostuneisuus säilyi kevään sulamisvaiheessa, joten tilanne voi olla sangen vakiintunut. Tosin on huomattava, että Lumijoen kautta tulee edelleen merkittäviä määriä nikkeliä, kevätjakson kolmessa kuukaudessa arvioitiin määräksi yli 180 kg ja pitoisuudet ovat myös Kivijoessa lievästi kasvavia (Kuva 3).

Sulfaatin määrän laskentaan liittyy niin suuria epävarmuuksia, ettei arvioita tässä yhteydessä esitetä.

#### 4.4 Järvien suolaantumisen kehitys

Järvien suolaantumista on käsitelty seuraavassa kappaleessa toukokuuhun 2013 asti. Aikasarjat maaliskuun loppuun asti ovat Kainuun ELY-keskuksen tiedotteesta 7.5.2013 (Kuva 4). Tarkastelu on tehty veden sähköjohtokyvyn perusteella, sillä se ottaa huomioon suolojen yhteisvaikutuksen (muutkin kuin  $\text{NaSO}_4$ ). Laakajärven, Kolmisopin ja Jormasjärven päällysveden suolaantuminen on alkanut jo 2010-2011 ja on jatkunut kevään 2013 juoksutusten seurauksena.

Alusveden osalta Kolmisopissa johtokyky on suurentunut huomattavasti allasvuodon ja juoksutusten jälkeen ja voi aiheuttaa pysyvää kerrostumista jatkossa. Laakajärven näytepiste edustaa hyvin pientä osaa järven pohjoisosasta, eikä ilmennä riskiä pysyvämmälle kerrostumiselle. Jormasjärven syvänteessä viimeisin havainto viittaa suolaantumisen lisääntymiseen, muttei todennäköisesti aiheuta pysyvää kerrostuneisuuttata mikäli kuormitus ei lisäännä.



Kuva 4. Järvien suolaantumisen kehitys (sähkönjohtavuus eli johtokyky kuvastaa suolojen yhteisvai-  
kutusta). Huomaa pystyakselin erilaiset asteikot eri järvissä.

## 5. Lähivesistöjen pilaantuneisuuden pysyvyys ja mahdollisuus puhdistua

Lähijärvien kerrostuneisuus ja pohjaveden hapettomuus on ollut pysyvä tilanne jo vuosia. Veden puhdistumista voi tapahtua jonkin verran kemiallisten reaktioiden kautta (sulfaatin pelkistyminen sulfideiksi, jotka reagoivat raudan kanssa muodostaen rautasulfidia) sekä sedimenttiin laskeutumisen seurauksena. Happamien jokivesien tutkimuksessa on todettu, että alumiini, kupari, rauta ja nikkeli kiinnittyvät humukseen ja sedimentoituvat, mutta mangaani pysyy helpommin liuenneena vedessä. Muutokset sedimentin kemiallisissa olosuhteissa voivat saada aikaan metallien palautumisen liuenneeseen ja siten biosaatavaan (eliöille haitalliseen) muotoon. Näyttää siltä, että metallit eivät kulkeudu järviketjussa yhtä helposti. Kivijärvessä on vesimassasta poistunut metalleja sekä sedimentoitumalla että huuhtoutumalla alavirtaan (kts. kappale 3). Sedimentistä metallit voivat vapautua takaisin veteen mikäli olosuhteet muuttuvat happamiksi. Luonnossa metallien myrkyllisyydessä on yleensä kyse niiden yhteisvaikutuksista. Eri metallit voivat joko suoraan lisätä toistensa myrkyvaikutuksia tai yhdessä aiheuttaa suuremman häiriön eliöiden tasapainotilaan.

Vesistöjen kuormitus on jatkuvaa, joten on mahdotonta ennustaa järvien luontaisen puhdistumisen mahdollisuutta. Yleisen tiedon perusteella sulfaatti poistuisi vedestä lähinnä laimenemalla suurempaan vesimäärään. Suolapitoisuuden muuttamaa ekosysteemiä on vaikea palauttaa ennalleen, kun muutoksia ekosysteemissä on jo tapahtunut. Tosin virtavesissä elpyminen on nopeaa ja suurin osa sisävesien kaloista kestää myös murtovettä, mutta saattavat kärsiä muutoksista ravintoverkossa.

Kevään 2013 tehtyjen ja tulevien lisäjuoksutusten vaikutuksia ei pystytä selkeästi erottamaan kipsisakka-altaan vuoto-onnettomuudesta. Mikäli juoksutusten aiheuttama kuormitus on suolapitoisuudeltaan samanlaista kuin alusveden, työntää virtaus alusvedessä olevia voimakkaasti metallipitoisia vesiä eteenpäin. Kivijärvi on ollut pysyvästi kerrostunut jo aikaisemmin ja otti vastaan suurimman kuormituksen kipsisakka-altaan vuodosta. Kuten kuvasta 3 näkyy, suolapulssi työntää alusveden nikkelpitoista vettä alavirtaan, joten nikkeli-kuormitus Laakajärveen on suurempi kuin Kivijärveen tulevan veden nikkelpitoisuus. Metallien sedimentaatio on ollut kuitenkin kohtuullisen tehokasta loppukevään osittaisessa vesimassojen sekoittumisessa.

Kerrostuneisuuden purkautumiseen jatkossa liittyy paljon epävarmuuksia, joten järvien puhdistumiseen tai pilaantumisen leviämiseen ei voida antaa tarkkoja arvioita ilman yksityiskohtaisia kerrostuneisuuden huomioivia mallilaskelmia (3D-mallia). Tällä hetkellä on myös mahdotonta erottaa sulfaatin ja mangaanin osalta kipsisakka-altaan vuodon ja kevään runsaiden juoksutusten vaikutusta.

On todennäköistä, että suolaantuminen etenee vähitellen Jormasjärveen ja Laakajärveen. Näiden järvien syvänteisiin muodostuneet suolapitoisia, hapettomia alueita, joissa myös metallipitoisuudet ovat korkeampia kuin ylemmissä vesikerroksissa. Todennäköisesti pysyvää kerrostuneisuutta ei kuitenkaan muodostu kipsisakka-altaan vuodon seurauksena. Sen sijaan Kolmisoppi -järvessä sulfaattipitoisuus oli toukokuun 2013 lopussa noussut lähelle kriittistä, kerrostuneisuuden mahdollistavaa tasoa. Juoksutettavien vesien metallipitoisuudet ovat melko pieniä, joten metallikuormitusta Jormasjärvessä ja Laakajärvessä aiheuttaisi enemmänkin Kivijärven ja Kalliojärven metallipitoisen alusveden sekoittuminen ja liikkeellelähtö. Erityisesti mangaanin ja nikkelin pitoisuudet Laakajärvessä voivat heikentää aiempaa enemmän järven ekologista ja kemiallista tilaa. Mallilaskelmien mukaan raskasmetallien pitoisuus Kivijärven alapuolisessa järviketjussa vähenee laimenemisen vuoksi voimakkaasti. Mikäli metallit kerrostuvat pohjanläheisiin kerroksiin, kulkeutuminen on vieläkin vähäisempää.

## 6. Oulujoen ja Vuoksen vesistöissä aiheutuneiden ympäristövahinkojen merkittävyys

Tässä luvussa on tarkasteltu ympäristövastuusetuksen ja sitä koskevan ohjeistuksen (YM:n raportteja 2/2012) mukaisesti pilaantumisen merkittävyyttä. Arvioinnissa on pyritty ottamaan monipuolisesti huomioon vaarallisten ja haitallisten aineiden pitoisuuksia (ml. ympäristölaatu normit), vesien ekologista tilaa (vesienhoidon tavoitteet) sekä luonnonvarapalvelujen säilyttämistä koskevat säädökset ja ympäristötavoitteet. Luonnonvarapalveluilla ymmärretään luonnonvaran hyödyllinen vaikutus toisille luonnonvaroille tai ihmisille. Tältä osin arvioinnissa otetaan huomioon vesien pilaantumisen vaikutus luonnon monimuotoisuuteen ja sen suojeluun, kalastoon ja kalastukseen sekä ihmisen virkistyskäyttöön ja terveyteen.

Talvivaaran lähivesille aiheutunutta haittaa ja ympäristövahinkojen merkittävyyttä on tarkasteltu taulukoissa 3 – 4. Talvivaaran lähialueen vesistöt ovat pilaantuneet Suomen oloissa harvinaisella tavalla ja siten pilaantumisen merkittävyyden arviointiin liittyy paljon eriasteisia epävarmuuksia.



## 6.1 Merkittävyys vesistöjen ekologisen ja kemiallisen tilan osalta

Kemialliseen tilaan vaikuttavia ympäristölaatuunormeja voidaan soveltaa nikkelin, kadmlumln, lyijyn ja elohopean osalta (Taulukko 3). Talvivaaran päästöissä oleellisia näistä ovat Ni ja Cd. Kuitenkin päästöissä on lukuisa joukko muita ekologiseen tilaan vaikuttavia aineita, jotka on otettava huomioon tilatarkastelussa. Näitä ovat mm. sinkki, mangaani, alumiini, rauta ja uraani.

Vesipuitedirektiivin mukaisia vesimuodostumia ovat Oulujoen suunnalla Kolmisoppi, Tuhkajoki ja Jormasjärvi, Kolmisopen yläpuolinen Kalliojoki on osa siihen laskevan Korentojoen vesimuodostumaa. Vastaavasti Vuoksen suunnalla ensimmäinen varsinainen vesimuodostuma on Kivijärvi ja sen alapuoliset Kivijoki ja Laakajärvi muodostavat omat vesimuodostumat. Näissä vesimuodostumissa havaitut ympäristölaatuunormien ylitykset vaikuttavat kemiallisen tilan luokitteluun ja muut metallit ja sulfaatti ekologiseen tilaan.

Ekologisen ja kemiallisen tilan merkittävä heikkeneminen on voimakkaimmin kuormittuneissa vesimuodostumissa osin ilmeistä jo pelkkien vedenlaatu tulosten perusteella. Ekologisen luokittelun avulla tarkasteltuna muutokset ovat jokialueella vähäisempiä, mutta pysyvästi kerrostuneiden järvien tila (Salminen, Kalliojärvi, Kivijärvi) on epäilemättä hyvää heikompi.

Kaivostoiminnan vaikutuksista metallipitoisuuksiin on parhaiten rekisteritietoa saatavissa nikkelin osalta. Tulosten perusteella on ilmeistä, että vuosina 2007-2012 nikkelin ympäristölaatuunormi vuosikeskiarvona on monissa vesimuodostumissa ylittynyt kaikkina vuosina, vaikka huomioitaisiinkin mustaliuskealueiden luontaisesti korkeammat taustapitoisuudet (normi tällöin viitteellisesti 22-35 µg Ni/l). Oulujoen suunnassa esimerkiksi Kalliojoen vuotuiset nikkelin keskipitoisuudet vaihtelivat välillä 31-113 µg Ni/l (HERTTA-tietokanta) ilmentäen samalla metallien vuotamista alapuoliseen Kolmisoppeen. Alapuoliseen vesistöön kulkeutuvaa kuormitusta ilmentävät myös Kolmisoppisen lähtevästä vedestä (pintanäytteet) mitatut korkeat keskipitoisuudet, jotka vaihtelevat vuoden 2012 pitoisuuskeskiarvosta 23 µg Ni/l vuoden 2010 keskiarvoon 67 µg Ni/l. HERTTA-tietokantaan ei ole tallennettu kaikkea seuranta-aineistoa erityisesti kipsisakka-altaan pulssimaisen päästön ajalta, joten vuoden 2012 todellinen pitoisuuskeskiarvo on ollut huomattavasti korkeampi.

Elohopean ympäristölaatuunormilla pyritään suojelemaan eliöstöä, erityisesti nisäkkäitä ja linnustoa, jotka käyttävät ravintonaan pääosin kalaa, metyylielohopean haitallisilta vaikutuksilta. Sitä seurataan ahvenesta. Normi ylittyy Oulun vesistöalueella Kalliojoessa, Kolmisopessa ja Jormasjärvessä sekä Vuoksen vesistöalueella Kivijärvessä, Kivijoessa ja Laakajärvessä. Ainakin Oulujoen puolella elohopean taustapitoisuus ja kerittyminen kalastoon on mustaliuskeen johdosta suurella todennäköisyydellä luontaisesti suurempi kuin yleiset taustapitoisuusarvot.

Marraskuussa 2012 kipsisakka-altaan vuoden jälkeisissä kalaseurannoissa havaittiin kalakuolemia Kalliojoesta ja Kolmisopesta. Kesän 2013 koekalastusten alustavien tulosten perusteella (Taskila, suullinen tieto) kalakannan koostumus sekä joki- (Kalliojoki, Tuhkajoki, Lumijoki, Kivijoki) että järvi-alueilla (Kalliojärvi, Kivijärvi, Kolmisoppi) vaikuttaa säilyneen suhteellisen muuttumattomana Lumijoen voimakkaasti kalkittua koskipaikkaa lukuun ottamatta. Kalliojärvessä näyttäisivät kipsisakka-altaan vuoden jälkeen elävän enää happamuutta kestävät ahven ja hauki, kun ennen kaivostoiminnan rakentamista (2008) saalisajoina oli myös herkempi särki.

**Taulukko 3.** Yhteenveto vesistön pilaantumisen merkittävyyden arvioinnista *vesistöjen ekologisen ja kemiallisen tilan osalta*. Metallien osalta on arvioitu pitoisuuksien haitallisuutta laajemmin kuin taulukon 4 EQS-tarkastelussa. Yläindeksit ilmentävät vaikutusarvioinnin laatua taustatietojen luotettavuuteen ja kattavuuteen suhteutettuna: +++=hyvä, melko kattava taustatieto, ++=kohtalainen, havaintoaineistossa puutteita, +=viitteellinen, aineistossa paljon puutteita.

Vesistö	Vaikutuksen suuruus:	Vaikutuksen kesto	Vaikutuksen laajuus	Yleisarvio pilaantumisen merkittävydestä
<b>Oulujoen suunta</b>				
Salminen	Alusvesi pysyvästi suolaantunut ja metallipitoisuudet vedessä (Al, Mn, Zn, Ni, Cd) ja sedimentissä (Al, Cu, Fe, Mn, U, Ni, Cr) korkeita, pH vaihtelee. Biologia vakavasti häiriintynyt.+++	Ei palaudu ilman aktiivisia kunnostustoimia+++	Koko järvi pilaantunut ranta-vyöhykettä lukuunottamatta++	Vesistönä pienikokoinen metsäjärvi, vedenlaatu riippuu suurelta osin tuloveden (LONE) laadusta. Pilaantuminen merkittävää. Sijaitsee suurelta osin kaivosalueella.
Kalliojärvi	Metallipitoisuudet vedessä haitallisella tasolla (Ni, Al, Zn, Mn) 2013 alusveden voimakas suolaantuminen, pH alhainen, sedimenteissä metallikertymiä korkeina pitoisuuksina (Al, Fe, Mn, U, Ni), haitat tasaisesti jakautuneet. Biologia häiriintynyt ja ekologinen tila huonontunut merkittävästi.+++	Todennäköisesti ei palaudu ilman aktiivisia kunnostustoimenpiteitä++	Syvännealueet pilaantuneet, ranta-vyöhykkeellä ei suuria muutoksi <sup>a++</sup>	Vesistönä pienikokoinen järvi. Vedenlaatu riippuu tuloveden laadusta. Pilaantuminen merkittävää
Kalliojoki	Ekologinen tila on häiriintynyt vuodon aikana ja heijastelee Kalliojärven kokonaiskuormaa.++	Tila palautuu mikäli tulovesien laatu paranee++	Muutokset Korentojoen yhtymäkohdan jälkeen vähäisiä ++	Pienehkö joki. Pilaantuminen ei kovin suurta. Metallien vuoto alapuolisiin vesiin 2)
Kolmisoppi	Nikkelin laatu normin ja muiden metallien vaikutustasojen ylityksiä, johtuvat osittain taustapitoisuuksista ja ennen kaivostoimintaa tapahtuvasta maankäytön muutoksista. Korkeita metallipitoisuuksia sedimenteissä (Al, Cu, Fe, Mn, Ni, Cd, Hg). Vedenkorkeuden säännöstely heikentänyt rantavyöhykkeen tilaa. Alusveden suolapitoisuudet nousussa.+++	Onnettomuuden vaikutukset vaimenevat, kaivosalueen hulevedet voivat pidentää vaikutusta. Lievä riski syvänteiden suolaantumiseen.++	Ranta-vyöhyke häiriintynyt säännöstelyn seurauksena. Metallipitoisuudet koholla koko vesimassassa++	Suurehko vesimuodostuma. Kokonaan kaivosalueella. Pilaantuminen merkittävää.
Tuhkajoki	Muutoksia eliöstössä, mutta kalakanta säilynyt toistaiseksi.+++	Palautuu tuloveden laadusta riippuen++	Ei toistaiseksi suuria häiriötä. +	Metallikuormituksesta kohtalaista haittaa, suolaantuminen muuttaa hitaasti eliöyhteisöjää. Ei vielä merkittävää pilaantumista
Jormasjärvi	Lievää muutosta eteläosan syvänteiden metalli pitoisuuksissa ja suolaantumisessa.+++	Kerrostuminen epätodennäköistä.+++	Vaikutus rajoittuu eteläosaan.++	Suuri järvi, jonka luonnotilaa on heikentänyt myös muiden kaivosten kuormitus. Ei merkittävää pilaantumista.
<b>Vuoksen suunta</b>				
Ylä-Lumijärvi	Toistuvat EQS-ylitykset (Ni..), toksisuusvaikutusten pitoisuustasojen ylityksiä (Al, Ni, Zn, U, Cd), eliöstö voimakkaasti häiriintynyt, pohjasedimentti pilaantunut+++	Sedimentti kunnostettava, vedenlaatu riippuu täysin LONE-veden laadusta+++	Kauttaaltaan pilaantunut+++	Vesistönä lyhytviipymäinen matala lampi kaivosalueen rajalla, merkittävä pilaantuminen

Lumijoki	Nopea metalli- (Ni, Cd, Zn) ja sulfaattipitoisuuksien nousu hyvin haitalliselle tasolle (11/2012-2013), EQS-ylitykset huomattavia? Biologiassa muutoksia++	Suvantojen (ja Lumijärven) pohjasedimentti kunnostettava. Tila riippuu LONE-veden laadusta++	Paikoittain pilaantunut+++	Vesistönä pienehkö yläosastaan jätevesivai-kutteinen joki. Pilaantumien merkittävää.
Kivijärvi	Metallipitoisuudet vesieliöille haitallisella tasolla (Ni, U, Mn) , alus-veden voimakas suolaantuminen, erityisesti syvänteet muuttuneet. Biologia häiriintynyt ja ekologinen tila huonontunut voimakkaasti.+++	Kerrostuneisuus pysyvää, sedimenttiin kerrostunut metalleja, kunnostus haastavaa.+++	Ranta-vyöhykettä lukuunot-tomatta pilaantu-nut.++	Luontaisesti tummaveti-nen ja hapan järvi. Pi-laantuminen merkittä-vää.
Kivijoki	Vaihteleva pH häirinnyt eliöstöä, Kivijärven syvänteistä purkautuu alivirtaamakausiina metalli- ja sulfaattipitoista huonolaatuista vettä. Biologinen tila huonontu-nut.++	Tila riippuu tulevan veden laadusta. Elinympäris-töissä vain vähäisiä muu-toksia.+	Pilaantumi-nen ulottu-nut hetkelli-sesti koko uomaan++	Vähäisen virtaaman aikana tila heikentynyt, Päästöt heikentäneet hieman ekologista tilaa
Laakajärvi	Järven pohjoisessa osassa suola-ja metallipitoisuudet lievästi kohol-la. Biologinen tila ei vielä muuttu-nut.+++	Kerrostuneisuuden muu-tokset epäto-dennäköisiä. Lievää muu-tosta alusve-dessä.++	Vaikutus-alue ulottuu vain pohjoi-seen osaan.++	Suuri järvi, jonka luon-nontilaa on heikentänyt aiemmin säännöstely ja maankäytöstä johtuva kuormitus. Pilaantumi-nen ei ole merkittävästi vaikuttanut ekologiseen tilaan.

## 6.2 Merkittävyyt luonnonvarapalveluiden osalta

Sisävesialueiden petokalojen eli isokokoisten ahventen, hauen, kuhan ja mateen elohopeapitoisuudet voivat olla suuria. Eviran kalansyöntisuositusten mukaan sisävesistä pyydettyä haukea voi syödä 1-2 kertaa kuussa, kalaa paljon syövien suositellaan vähentävän näiden petokalojen käyttöä ravinnossa eikä raskaana oleville ja imettäville suositella lainkaan hauen syömistä sen sisältämän elohopean takia. Syötävän kalan elohopean enimmäispitoisuusrajat ylittyvät Kalliojärvässä (2008), Kolmisopessa, Jormasjärvässä, Kivijärvässä ja Laakajärvässä. Raja-arvon ylityksiä ei voida pitää yksistään kaivostoiminnan seurauksena, mutta toiminta voi kiihdyttää ilmiötä.

Kadmiumin enimmäispitoisuusraja ihmisravinnoksi tarkoitetussa kalassa on keskimäärin ylittynyt Jormasjärven särjissä sekä yksittäisissä kaloissa Kolmisopessa ja Laakajärvässä (särki, made). Välittömästi kipsisakka-altaan vuodon jälkeisissä seurannoissa havaitut kohonneet kadmiumin kudospitoisuudet Laakajärven ahvenissa ja särjissä ovat keskimäärin laskeneet alkuvuonna 2013. Kuitenkin selvää kadmiumin kudospitoisuuksien nousua marraskuusta 2012 tammi-maaliskuulle 2013 on havaittu Kolmisopen ja Jormasjärven kaloissa (ahven, hauki, särki, kuha, made).

Kadmiumin kertyminen eliöstöön on riski ravintoketjun korkeammille tasoille. Kadmiumin pitoisuus vedessä tulisi kaikissa olosuhteissa pysyä alle 0,26 µg/l, jotta sekundäärinen myrkytyminen ravintoketjun kautta estyy (EQS Substance data sheet No. 6, 2005). Tämä taso on ylittynyt Oulujoen reitillä Kolmisopessa asti ja Vuoksen reitillä Kivijärvässä asti.

Virkistyskäytön kannalta Kivi- ja Kalliojärven veden käyttöä juomavetenä ja ruoan valmistukseen sekä löylyvetenä (korkeat mangaanipitoisuudet) on rajoitettu jo vuodesta 2011 alkaen. Patoaltaan vuodon jälkeen käytöstä pidättymistä laajennettiin myös Oulujoen vesistön puolella aina Kolmisoppeen asti mukaan lukien myös uintirajoitukset.

**Taulukko 4.** Yhteenvedo vesistön pilaantumisen merkittävyyden arvioinnista *vesistöjen luonnonvarapalveluiden osalta*. Yläindeksit ilmentävät arvioinnin laatua taustatietojen luotettavuuteen ja kattavuuteen suhteutettuna: +++=hyvä, melko kattava taustatieto, ++=kohtalainen, havaintoaineistossa puutteita, +=viitteellinen, aineistossa paljon puutteita.

Vesistö	Vaikutuksen suuruus	Vaikutuksen kesto	Vaikutuksen laajuus	Yleisarvio pilaantumisen merkittävyydestä
<b>Oulujoen suunta</b>				
Salminen	Vesistön virkistyskäyttö estynyt (raakaveden käyttö, uinti), Kalatuotanto todennäköisesti kärsinyt, mutta ollut muutenkin vähäinen. Hyvin suuret haitat kalastolle ja vesiluonnon monimuotoisuudelle, virkistyskäytölle ja koko ekosysteemin toiminnalle <sup>+++</sup>	Ei korjau du ilman kun nostustoimia <sup>+++</sup>	Koko järvi pahoin pilaantunut ja luonnonvarapalvelut vaurioituneet Järven ainekiertojen muutokset voivat nykytilassa lisätä haittoja myös alapuolisissa vesimuodostumissa ja siihen varastoituneet metallit muodostavat kuormitusriskin tulevaisuudessa <sup>+++</sup>	Vesistönä pienikokoinen metsäjärvi, vedenlaatu riippuu suurelta osin tuloveden (LONE) laadusta. Hyvin merkittävä kyseisen järviekosysteemin osalta. Kyseessä kuitenkin pieni suurelta osin kaivospiirln sisällä sijaitseva järvi, jonka virkistyskäyttöarvo vähäinen. Pilaantuminen vaarantaa kuitenkin alapuolistenkin vesimuodostumien luonnonvarapalvelujen toimivuuden.
Kalliojärvi	Vesistön virkistyskäyttöarvo vähentynyt ja osin estynyt (raakaveden käyttö, uinti). Alusveden eliöyhteisöt muuttuneet. Haittaa kalastolle, vesiluonnon monimuotoisuudelle, virkistyskäytölle ja koko ekosysteemin toiminnalle <sup>+++</sup>	Ei korjau du ilman kun nostustoimia <sup>++</sup>	Koko alusvesi Vaikutukset kohdistuvat laajasti luonnonvarapalveluihin, seurausvaikutukset alapuolisten vesimuodostumien luonnonvarapalveluille myös mahdollisia <sup>+++</sup>	Vesistönä pienikokoinen järvi. Vedenlaatu riippuu tuloveden laadusta. Merkittävää haittaa luonnonvarapalveluille
Kalliojoki	Suurehkot haitat vesiluonnolle, kalastolle ja virkistyskäytölle mahdollisia. Vesistön virkistyskäyttöarvo vähentynyt. Eliöyhteisöt muuttuneet. Korentojoen liitymäkohdan alapuolella haitta vähäisempi. <sup>++</sup>	Vedenlaatu voi palautua vähitellen jos kuormitus vähenee. Luonnonvarapalvelujen toipumisessa voi olla viiveitä <sup>+</sup>	Todennäköisesti ylin osa uomasta Haitat useimmille luonnonvarapalveluille todennäköisiä, haitan aste voi vaihdella uoman eri osissa ja kohdistua eri tavoin luonnonvaroihin <sup>+</sup>	Pienuhkö joki, Pilaantuminen voi olla merkittävää osalle luonnonvarapalveluista
Kolmisoppi	Suurehkot haitat vedenlaadulle, virkistyskäytölle (raakaveden käyttö, uinti), kalastukselle. Metallien kertyminen ravintoketjussa riski myös luonnon monimuotoisuudelle <sup>++</sup>	Kesto riippuu yläpuolisten vesimuodostumien metallivarastojen huuhtoutumisen kehityksestä <sup>+</sup>	Vaikutukset kohdistuvat laajasti luonnonvarapalveluihin. Alusvesi muuttunut. <sup>+</sup>	Suurehko vesimuodostuma. Kokonaan kaivosalueella. Pilaantuminen merkittävää. Merkittävää haittaa luonnonvarapalveluille
Tuhkajoki	Lieviä haittoja. Virkistyskäyttöarvo vähentynyt hie man ja eliöstö lievästi kärsinyt <sup>+++</sup>	Palautuu, mikäli kuormitus vähenee <sup>++</sup>	Koko jokialue <sup>++</sup>	Pilaantumisesta lievä haittaa luonnonvarapalveluille
Jormasjärvi	Haittaa joillekin luonnonvarapalveluille. Metallien	Palautuu, mikäli	Eteläinen syväne <sup>++</sup>	Lähiympäristöineen luonnon monimuotoisuuden



	kertyminen riski kalastukselle ja kalan käytölle, samoin luonnon monimuotoisuudelle <sup>++</sup>	kuormitus ei kasva <sup>+</sup>		osalta arvokas vesimuodostuma. Pilaantumisesta vähintään lievää haittaa luonnonvarapalveluille
<b>Vuoksen suunta</b>				
Ylä-Lumijärvi	Hyvin suuret vauriot luonnonvarapalveluille Ei virkistyskäyttöarvoa jäljellä <sup>+++</sup>	Palautuu vain sedimentin kunnostuksen myötä <sup>+++</sup>	Koko järvi, kaikki luonnonvarapalvelujen elementit <sup>+++</sup>	Hyvin merkittävä kyseisen pienen järven osalta, haitat heijastuvat alapuolistenkin vesimuodostumien luonnonvarapalveluihin
Lumijoki	Hyvin suuret haitat. Virkistyskäyttöarvo mennyt, eliöstö kärsinyt paikoittain <sup>+++</sup>	Toipuminen edellyttää kunnostustoimia. Eräitä osia pitää aktiivisesti kunnostaa <sup>+++</sup>	Suuri osa joesta, myös Lumijärvi <sup>++</sup>	Vesistönä plenehkö yläosastaan jätevesivaikutteinen joki. Pilaantuminen merkittävää.
Kivijärvi	Kohtalaisen suuret tai suuret haitat. Virkistyskäyttöarvo alentunut oleellisesti (raakaveden käyttö, uinti), heikennyksiä kalataloudessa, syvänteiden eliöstö kärsinyt <sup>+++</sup>	Vaaditaan aktiivisia kunnostustoimia <sup>++</sup>	Syvänteet muuttuneet. Itäosa selvästi pahemmin kärsinyt <sup>++</sup>	Luontaisesti tummavetinen ja hapan järvi. Maakunta-kaavassa virkistys- ja suojelumerkinnät. Pilaantuminen merkittävää
Kivijoki	Kohtalaisen suuret haitat. Eliöstö kärsinyt, virkistyskäyttöarvo vähentynyt <sup>++</sup>	Palautuu, mikäli kuormitus vähenee <sup>++</sup>	Koko jokialue <sup>+</sup>	Vähäisen virtaaman aikana tila heikentynyt, Pilaantumien kohtalaista.
Laakajärvi	Kohonneita Hg-pitoisuuksia kaloissa. Ei muita havaittavia muutoksia virkistyskäyttöarvossa ja biologiassa <sup>++</sup>	Palautuu kuormituksen vähetessä <sup>+</sup>	Pohjoinen osa. <sup>+</sup>	Suuri järvi, jonka luonnontilaa on heikentänyt aiemmin säännöstely. Maakunta-kaavassa suojelumerkintä. Pilaantuminen ei toistaiseksi ole merkittävää

## 7. Yhteenveto

Talvivaaran kaivoksen marraskuisen 2012 kipsisakka-altaan vuodon vuoksi vesistöön pääsi yli 20 eri alkuainetta, erityisesti rautaa, mangaania, alumiinia, nikkeliä, sinkkiä, uraania, kobolttia ja kadmiumia. Vähäisimmässä määrin vesistöön joutui mm. lyijyä, kuparia ja arseenia. Vuodon aikana ja sen jälkeen marraskuun loppuun mennessä oli kaivosalueelta päässyt pohjoisen (Kalliojärvi) ja etelän (Kivijärvi) suunnan vesis-

töihin nikkeliä yli 2000 kg, sinkkiä noin 1000 kg, uraania yli 70 kg, kobolttia n. 60 kg ja kadmiumia yli 2 kg. Mangaania ja rautaa pääsi vesistöihin noin 150 tonnia kumpaakin.

Suolapitoisuutta lisääviä aineita, erityisesti sulfaattia ja natriumia, päätyi vesistöihin suuria määriä. Vuodon vaikutukset ulottuivat jo aiemmin pilaantuneiden Salmisen, Kalliojärven ja Kivijärven sekä niiden välisten jokiosuoksien alapuolelle ainakin Kolmisoppeen ja Laakajärven pohjoisosiin. Myös Jormasjärven on odotettavissa vähäisiä muutoksia. Vaikutusta ei ole merkittävässä määrin havaittavissa näiden vesistöjen ulkopuolella.

Toukokuun 2013 tarkkailutulosten perusteella sekä Tuhka- että Kivijoesta valuu metalleja ja suoloja alapuoliisiin vesistöihin. Sekä Jormasjärven että Laakajärven metallipitoisuudet olivat toukokuussa 2013 alle eliöihin vaikuttavan tason, ainoan poikkeuksen muodosti Jormasjärven sinkin määrä, joka oli eliöihin vaikuttavalla tasolla. Metallien yhteis- ja pitkäaikaisvaikutuksia ei voida vielä arvioida.

Salminen, Kalliojärvi ja Kivijärvi ovat jo aiemmin olleet pilaantuneita suolaantumisen vuoksi. Metallien määrän lisääntyminen on entisestään huonontanut tilannetta. Myös niiden väliset jokiosuudet ovat huonossa tilassa. On melko todennäköistä, että myös Kolmisopen ekologinen tilaluokka tulee huononemaan suolaantumisen ja siitä seuraavan pysyvän kerrostuneisuuden vuoksi. Kivijoen ja Tuhkajoen tila on heikentynyt vuodon seurauksena, mutta ne voivat virtaavina vesistöinä palautua nopeammin kuin yläpuoliset järvet. Laakajärven pohjoisosan ja Jormasjärven tila tulee huonontumaan, mutta ei todennäköisesti merkittävällä tavalla.

Mikäli pysyvästi kerrostuneiden järvien kerrostuneisuus ei purkaudu, voidaan pilaantuneisuutta pitää pysyvänä, koska aiempien havaintojen perusteella ainoastaan pintavesi vaihtuu ja laimentuu kuormituksen vähenessä. Mikäli järvet eivät kerrostu (Kolmisoppi), päästöjen laimentumisen kautta tila paranee, mutta siihen kuluu vuosia. Arviointiin liittyy lukuisia epävarmuustekijöitä.

Huomionarvoista on, että kerrostuneisuus ja alusveden heikko happitilanne yhdessä järviin kertyneen sulfatin kanssa voivat kiihdyttää elohopean muuntumista yhdisteen myrkyllisimmäksi ja ravintoverkossa kertyväksi metyylielohopeaksi. Metyylielohopean ravintoverkkokertyminen on pitempiäaikainen seuraamus elohopean esiintymisestä ja muuntumisesta metyylielohopeaksi, eikä toistaiseksi ole olemassa viitteitä kaivostoiminnan aiheuttamista aiempaa korkeammista metyylielohopean pitoisuuksista seurantakaloissa. Toisaalta raskasmetalleja näyttää saostuvan pysyvästi sedimentteihin, josta ne voivat uudelleen vapautua aiheuttaen kertymistä eliöihin ja myrkyllisyyttä.

Elohopean kummatkin hallinnolliset raja-arvot, eliöstön suojaamiseen tähtäävä ympäristölaatu- ja metsätalouden hajakuormittamissa happamissa ja humuspitoisissa pienvesissä. Raja-arvon ylityksiä ei voidakaan pitää yksistään kaivostoiminnan seurauksena alueella, joskin toiminta voi kiihdyttää ilmiötä. Kadmiumin enimmäispitoisuusraja-arvon ylitykset ihmisravinnoksi tarkoitettussa kalassa ilmentävät merkittävää luonnonvarapalvelujen heikentymistä.

Yhteenvedon voidaan todeta, että Talvivaaran kaivostoiminnan ja siihen liittyvän onnettomuuden vaikutukset ovat vesistöjen ekologisen ja kemiallisen tilan sekä luonnonvarapalveluiden kannalta hyvin merkittäviä ja vesilaissa tarkoitettuja merkittäviä vahinkoja.

- Oulujoen vesistön suunnalla kaikissa vesistöissä aina Kolmisoppeen asti
- Vuoksen vesistön suunnalla kaikissa vesistöissä aina Kivijärven asti.

Vaikutukset ovat aiheutuneet sekä pitkäaikaisesta kuormituksesta että patoallasvuodosta. Kivijärven alapuolisessa Kivijoessa vaikutukset ovat merkittäviä.

Näiden vesistöjen ulkopuolella Tuhkajoessa, Jormasjärven ja Laakajärven on aiheutunut haittaa, joka ei vielä ole merkittävää. Kaivostoiminnan osuus elohopean kertymisessä kaloihin on vaikea erottaa muusta maankäytön vaikutuksista humuspitoisissa vesistöissä. Haitallisten aineiden kertymistä tulee kuitenkin erityisesti seurata tulevina vuosina vaikutusten merkittävyyden arvioimiseksi.

Lausunnon valmisteluun ovat osallistuneet yksikönpäällikkö Seppo Hellsten, erikoistutkija Jaakko Mannio, johtava tutkija Kari-Matti Vuori, erikoistutkija Anna Karjalainen, tutkija Sari Kauppi, erikoistutkija Petri Ekholm, suunnittelija Milla Mäenpää, johtava tutkija Matti Verta ja erikoistutkija Jouko Tuomainen.



Lea Kauppi  
Pääjohtaja, Suomen ympäristökeskus



Seppo Hellsten  
Yksikönpäällikkö, Suomen ympäristökeskus

