

# Arvio Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuodon haitoista ja riskeistä vesiympäristölle

**Sari Kauppi, Jaakko Mannio, Seppo Hellsten, Taina Nystén,  
Timo Jouttijärvi, Markus Huttunen, Petri Ekholm,  
Sirkku Tuominen, Petri Porvari, Anna Karjalainen,  
Timo Sara-Aho, Jaakko Saukkoriipi ja Markku Maunula**



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN  
RAPORTTEJA 11 | 2013

# Arvio Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuodon haitoista ja riskeistä vesiympäristölle

**Sari Kauppi, Jaakko Mannio, Seppo Hellsten, Taina Nystén,  
Timo Jouttijärvi, Markus Huttunen, Petri Ekholm,  
Sirkku Tuominen, Petri Porvari, Anna Karjalainen,  
Timo Sara-Aho, Jaakko Saukkoriipi ja Markku Maunula**

Helsinki 2013

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA II | 2013  
Suomen ympäristökeskus  
Vesikeskus

Taitto: Pirjo Lehtovaara

Julkaisu on saatavana vain internetistä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

ISBN 978-952-11-4151-5 (PDF)  
ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

## ESIPUHE

Talvivaaran kipsisakka-altaan vuoto marraskuussa 2012 oli paikallinen, mutta suuri ympäristöonnettomuus. Tapaus aiheutti välittömän tiedon tarpeen onnettomuuden ympäristövaikutuksista. Suomen ympäristökeskus (SYKE) vastasi vuodon aiheuttamiin kyselyihin ja tiedon tarpeeseen kartoittamalla ympäristökuormitusta ja tiedottamalla onnettomuuden aiheuttamista vaikutuksista vesiympäristöön. Vuodon seurauksia tarkasteltiin ajanjaksolla 5.11.2012 – 7.12.2012. Välitöntä vesistökuormitusta arvioitiin sekä ympäristömittausten että mallinnuksen avulla.

Raportissa on kuvattu kipsisakka-altaan vuodon aiheuttama kuormitustilanne ja arvioitu sen vesistövaikutuksia. Lisäksi on kuvailtu lyhyesti vesien tilaa ennen jätevesivuotoa, sekä metallien, happamuuden ja suolojen vesistövaikutuksia. Raportissa on myös ehdotuksia lisäselvitystarpeiden ja seurannan osalta, sekä kaivosalaan liittyvään tutkimus- ja kehitystoimintaan Suomessa. Lopulliset vaikutukset vesiympäristöön selviävät vasta pidemmän ajan kuluessa.



## SISÄLLYS

<b>Esipuhe</b> .....	3
<b>1 Talvivaaran lähivesien ja niiden valuma-alueiden kuvaus</b> .....	7
1.1 Pintavedet ja valuma-alueet .....	7
1.2 Pohjavedet ja hydrogeologia .....	9
<b>2 Talvivaaran tuotantoprosessin ja prosessiveden kierron kuvaus</b> .....	11
<b>3 Toimintaa ja vesien johtamista koskevia ympäristölupaehdoja</b> .....	13
<b>4 Kipsisakka-altaan aineiden laatu ja jälkikäsittely-yksiköltä ympäristöön johdettu kuormitus</b> .....	14
<b>5 Metallien haitallisuus, taustapitoisuudet ja raja-arvot</b> .....	16
<b>6 Vesien tila ennen kipsisakka-altaan vuotoa</b> .....	19
6.1 Pintavedet .....	19
6.2 Sulfaatin, natriumin ja mangaanin vesistövaikutuksia .....	21
6.3 Maaperä ja pohjavedet .....	23
6.4 Yhteenveto pinta- ja pohjavesien tilasta ennen kipsisakka-altaan vuotoa .....	25
<b>7 Kipsisakka-altaan vuodon aiheuttama kuormitus ja vaikutukset</b> .....	26
7.1 Kuormitustilanne .....	26
7.2 Näytteenotto ja analyysimenetelmät .....	27
7.3 Vaikutukset pintavesiin .....	28
<b>8 Mallilaskelmat</b> .....	33
8.1 Mallilaskelmat vuodon etenemisestä .....	33
8.2 Metallien keskinäisten suhteiden hyödyntäminen mallinnuksessa .....	37
<b>9 Vaikutukset vesiympäristöön</b> .....	39
<b>10 Ehdotuksia lisäselvityksiä ja seuranta varten</b> .....	41
<b>11 Yhteenveto</b> .....	43
<b>12 Ehdotuksia kaivosten ympäristövaikutusten tutkimus- ja kehittämistoimintaan</b> .....	44
Lähteet .....	45
Liite 1. Pohjaveden laadun vaihtelu vuosina 2008–2012. (Velvoitetarkkailu viikolle 47/2012 asti) .....	46
Liite 2. SYKEN laboratorion analyysit .....	48
Liite 3. Talvivaara Oy:n havainnot vedenlaadusta .....	58
Kuvailulehti .....	88
Presentationsblad .....	89
Documentation page .....	90





# 1 Talvivaaran lähivesien ja niiden valuma-alueiden kuvaus

1.1

## Pintavedet ja valuma-alueet

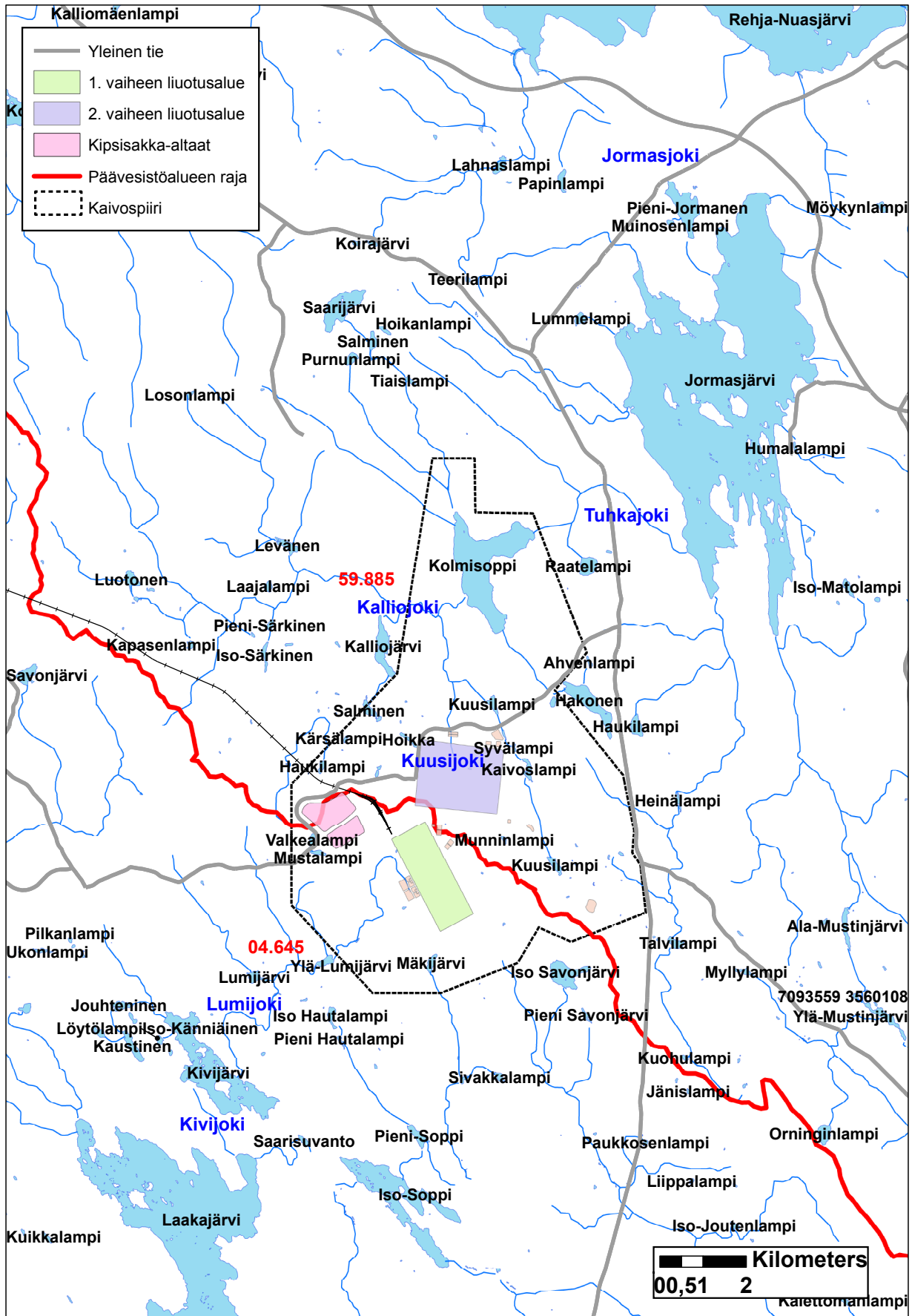
Talvivaaran kaivos sijaitsee Oulujoen ja Vuoksen vedenjakajalla ja jätevesiä johdetaan jälkikäsittely-yksiköiden kautta molemmille vesistöalueille (Kuva 1). Kaivos sijaitsee Sotkamon ja Kajaanin kuntien alueella, 23 km Sotkamon keskustasta lounaaseen. Kaivospiirin pinta-ala on noin 60 km<sup>2</sup>. Suurin osa kaivospiirin alueesta sijoittuu Tuhkajoen ja Kivijoen valuma-alueille (Taulukko 1). Talvivaaran alue on Kainuun vaaramaisemalle tyypillistä metsien, soiden, lampien ja järvien vuorottelua (Kuva 2). Vaaroilla kasvaa kuusi- ja mäntymetsää ja vaarajaksojen välissä olevilla alavilla mailla on soita ja pieniä lampia. Suot on ojitettu ja muutoinkin alue on ollut metsätaloustaloudessa. Talvivaaran kaivoksen ja metsätalouden lisäksi vesialueita kuormittavat kolme toiminnassa olevaa turvetuotantoaluetta, kaksi Laakajärven ja yksi Jormasjärven valuma-alueella. Jormasjärven laskee talkkikaivoksen (Mondo minerals) puhdistetut louhosvedet. Talkkikaivoksen louhe viedään Lahnaslammelle, josta siitä rikastetaan talkki ja nikkeli.

Oulujoen vesistöalueella, pohjoisen Kärsälammen Talvivaaran kaivoksen jälkikäsittely-yksikön jälkeen, ensimmäinen vastaanottava järvi on Salminen, jota seuraa Kalliojärvi, Kalliojoki, Kolmisoppi, Tuhkajoki, Jormasjärvi, Jormasjoki ja Nuasjärvi. Oulujoen vesistöalueelle on päässyt vesiä myös kaivoksen rakennustyömaalta ja Kuusilammen kuivatusvesiä on johdettu Kuusijoen kautta Kalliojokeen. Näistä Kalliojärvi on pieni pitkänomainen saareton järvi, jonka läpi virtaus kulkeutuu etelästä pohjoiseen. Kuormitus leviää nopeasti järven eri osiin.

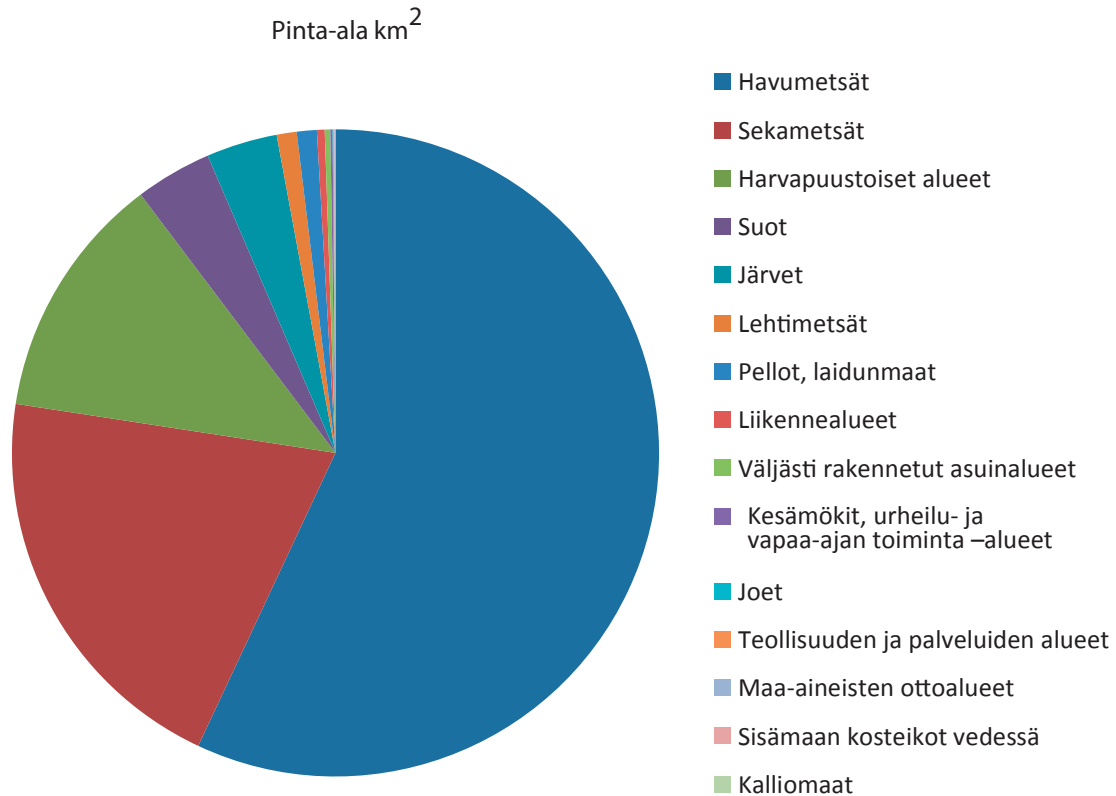
Etelän suunnalla purkureittiin kuuluvat vesistöt ovat virtaussuunnasta alaspäin lukien Ylä-Lumijärvi, Lumijoki, Kivijärvi, Kivijoki ja Laakajärvi. Laakajärveltä vesistöreitti jatkuu ns. Nilsian reitin järviä ja jokia pitkin aina Vuokseen asti. Lumijoen lasku-uoma ja Kivijärven luusua sijaitsevat verraten lähellä toisiaan, joten myös mahdollisuudet oikovirtaukseen ovat olemassa. Kivijärvi on suurehko sokkeloinen järvi, joka koostuu useasta matalikkojen ja saarien erottamista syvänteistä.

**Taulukko 1.** Vesistöalueiden pinta-alat ja järvisyydet (Ekholm 1993).

Vesistöalue	Vesistöalueen numero	Pinta-ala km <sup>2</sup>	Järvisyys %
Oulujoen vesistö			
Tuhkajoen valuma-alue	59.885	126,18	3,24
Jormasjärven alue	59.882	299,94	8,68
Jormasjärven valuma-alue	59.88	312,53	8,49
Nuasjärven alue	59.81	7478,49	11,72
Vuoksen vesistö			
Kivijoen valuma-alue	4.645	53,97	3,93
Laakajärven alue	4.644	463,89	10,58



Kuva 1. Talvivaaran kaivoksen kaivospiiri.



**Kuva 2.** Valuma-alueen maankäyttö kaivospiirin kahdella suurimmalla valuma-alueella (Kivijoen ja Tuhkajoen valuma-alueilla) (Törmä ym. 2008).

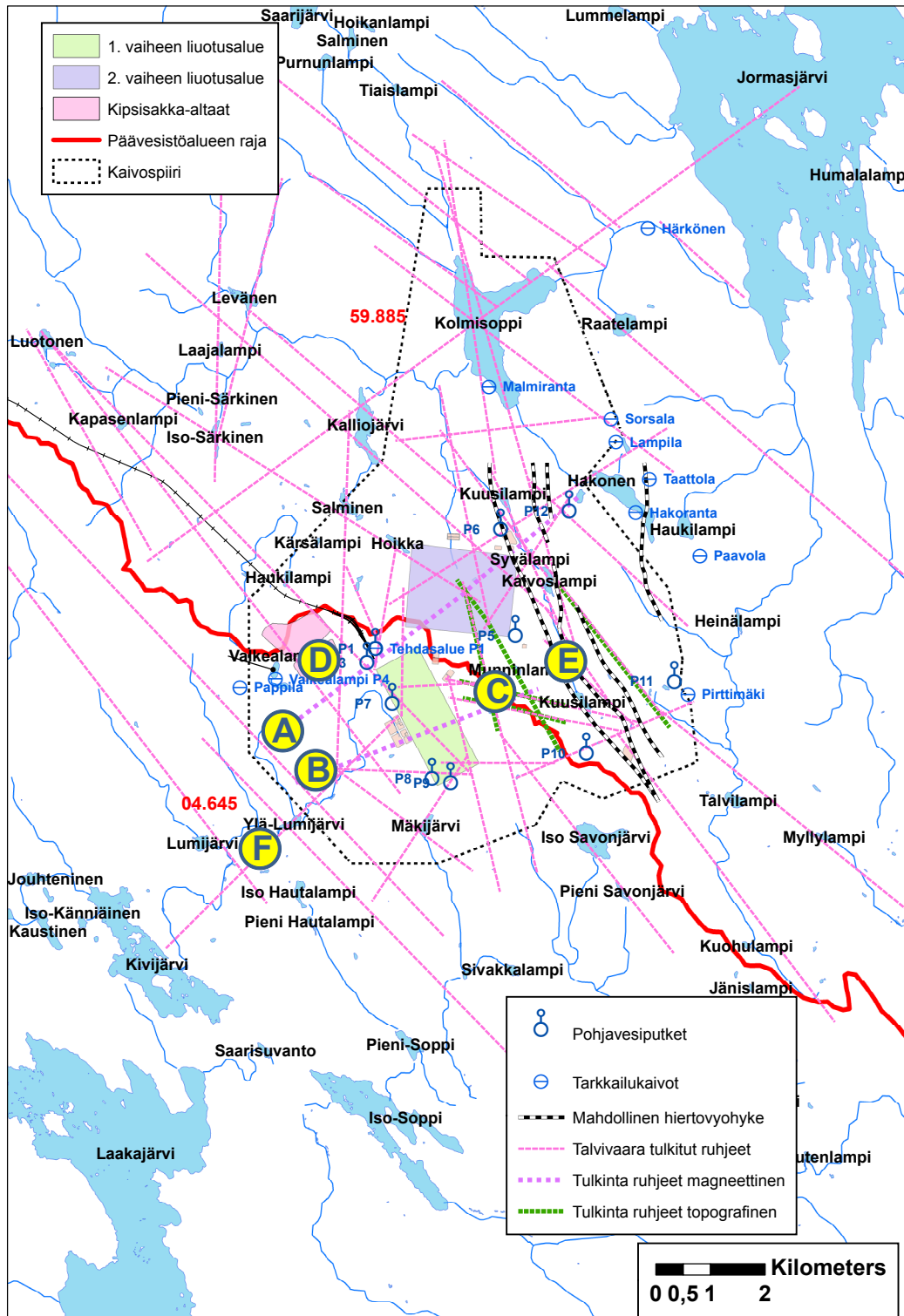
1.2

## Pohjavedet ja hydrogeologia

Alueen maaperä on korkeilla maastokohdilla pääosin moreenia ( $K=1 \cdot 10^{-7}-10^{-8}$  m/s) ja alavilla suo-alueilla turvetta. 1. vaiheen liuotusalueen länsipuolella ja Kipsisakka-altaan ja Torvelansuon eteläpuolella esiintyy pieninä alueina rantakerrostumia ja hiekkaa (Lapin vesitutkimus Oy 2005).

Kaivospiirin ympäristössä sadevesien ja pintavalunnan virtaukset sekä imeytyminen pohjavedeksi noudattaa todennäköisesti kalliopinnan topografian muotoja ja kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeitä. Kaivospiirin alueelle ja sen ympäristöön on tulkittu useita kallioperän ruhjeita (Kuva 3). Ruhjeiden hydrauliset ominaisuudet ja ruhjeiden välinen hydraulinen yhteys pinta- ja pohjaveteen on selvittämättä.

Kaivoksen pohjavesitarkkailuun sisältyvät näytteiden otto ja analysointi 14 talousvesikaivosta kaivospiirin alueelta ja kaivoksen ympäristöstä sekä kalliopohjaveden tarkkailu 10 pohjavesiputkesta kaivospiirin alueelta. Näiden veden laadun tarkkailutulosten (2008–2012) (Pöyry Finland 2012a,b) perusteella valumavesiä on ennen syksyn 2012 kipsisakka-altaan vuotoa. kulkeutunut tehdasalueen ja liuotusalueiden alueella pohjaveteen (havaintoputket P1, P5 ja P7 kuvassa 3).



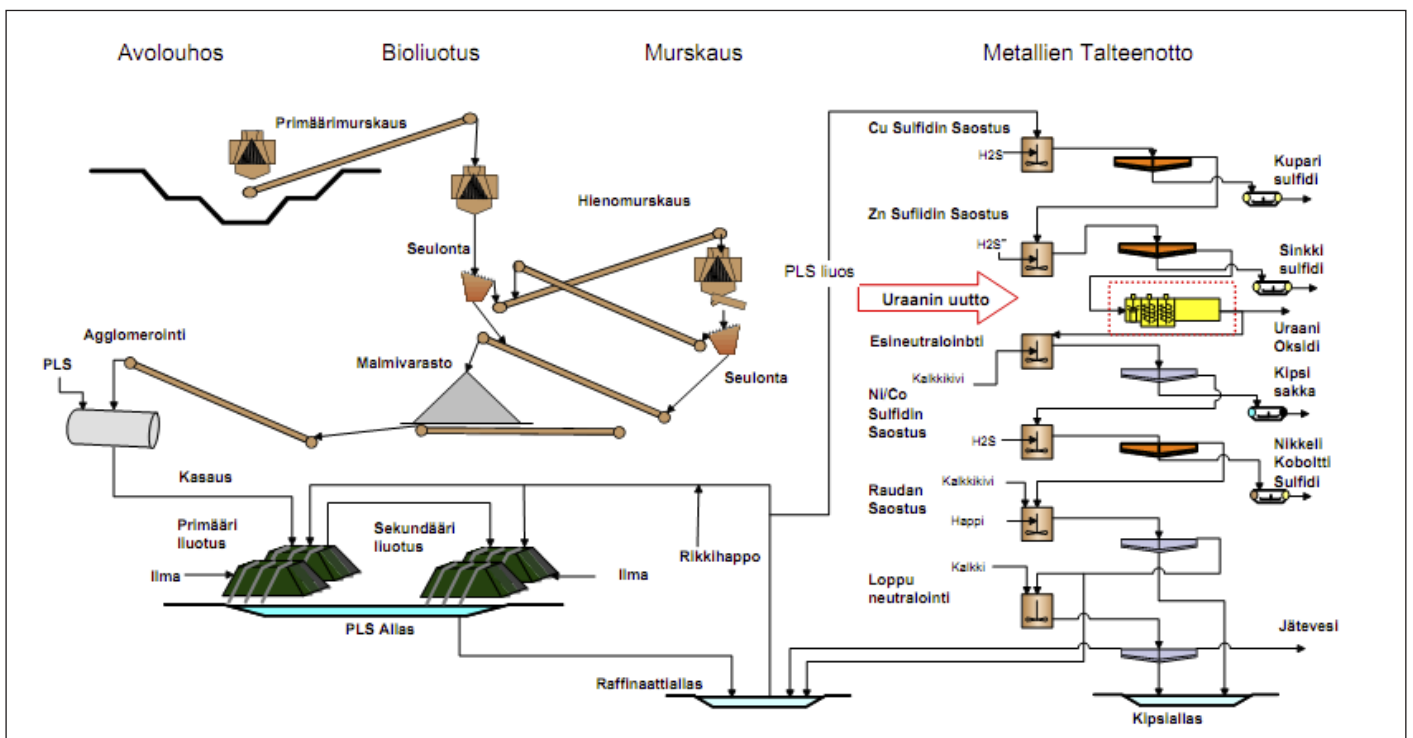
**Kuva 3.** Talvivaaran kaivopiirin lähiympäristön kallioperän ruhjetulkinta (ruhjeiden tulkinta GTK 2008 ja Talvivaara 2008) ja pohjaveden laadun seurannan havaintopaikat (kaivot ja pohjavesiputket). Vedenjohtamisominaisuuksien osalta kriittisimmät kohteet pinta- ja pohjaveden virtausyhteyden osalta ovat symboleilla A-F merkityt ruhjeet:

- A) SW-NE-suunnassa kipsisakka-altaan eteläpuolelta Torvelansuolta 2.vaiheen liuotusalueen ja pintaveden jakajan kautta Pikku-Hakosen järvelle
- B) SW-NE-suunnassa Torvelansuolta 1.vaiheen liuotusalueen kautta pintaveden jakajalle
- C) Kahta edellistä ruhjetta ja pintavedenjakajaa leikkaavat ruhjeet
- D) Kipsisakka-altaan NW-SE-reunojen suuntaiset ruhjeet
- E) Kalliojärven ja Kolmisopen välissä NW-SE-suunnassa molempiin Kuusilampiin sekä Kuusilammen avolouhokseen suuntautuvat rikkonaisuusvyöhykkeet
- F) Pintavesien valuntareittiä Torvelansuolta Kivijärveen NE-SW-suunnassa noudattava ruhje  
NE=koillinen, SE=kaakko, SW=lounas, NW= luode

## 2 Talvivaaran tuotantoprosessin ja prosessiveden kierron kuvaus

Talvivaaran monimetallikaivoksen tuotantoprosessin keskeisimmät vaiheet ovat louhinta, murskaus, agglomerointi, kasaus, bioliuotus sekä metallien talteenotto (Kuva 4). Talvivaaran kaivoksella käyttöön ottama bioliuotusmenetelmä oli uusi menetelmä Suomessa. Aikaisemmin bioliuotus -menetelmää on käytetty mm. Chilessä, Perussa, Kiinassa, USA:ssa ja Australiassa (Watling 2006). Nikkeli (Ni) ja koboltti (Co) saostetaan sekasulfidisakkana, sinkki (Zn) ja kupari (Cu) omina sulfidituotteinaan (Lapin vesitutkimus Oy 2012a).

Talvivaara Oy ei ole vielä esittänyt tarkkaa kuvausta Talvivaaran kaivoksen vesitaseesta lupaviranomaisille. Raakavesi kaivokselle otetaan Kolmisopesta. Otetun raakaveden määrä oli Talvivaaran vuosiraporttien mukaan vuonna 2010 noin 400 m<sup>3</sup>/h, yhteensä noin 3,5 miljoonaa kuutiometriä ja vuonna 2011 3,1 miljoonaa kuutiometriä (Pöyry 2011, Pöyry 2012b).



**Kuva 4.** Talvivaaran metallien talteenottolaitoksen yksinkertaistettu prosessikaavio (Lapin vesitutkimus Oy 2012b); uraanin talteenottoa ei ollut tuotannossa vielä ennen kipsisakka-altaan vuotoa. Yhtiö on esittänyt tämän kaavion hakemuksessaan ympäristölupamääräysten sekä säännöstelyä koskevien vesitalouslupamääräysten tarkistamiseksi.

Suoraan alueelle tuleva sadevesi kerääntyy prosessiin ja Talvivaaran tavoitteena on ollut puhdistaa ylijäämävesi ja johtaa se lupansa mukaisesti vesistöihin. Talvivaaran mukaan bioliuotuskiertoon kerääntyvät sadevedet otetaan talteen, joten kertyvä vesimäärä vaihtelee siis vuosittaisen sademäärän mukaan. Osan vedestä on suunniteltu sitoutuvan malmiin, kun uusia bioliuotuskasoja kastellaan ja toisaalta vettä poistuu bioliuotuskasoilta haihtumalla. Vettä haihtuu myös altailta, sekä sitoutuu syntyviin sakkoihin ja pieniä määriä jää lopputuotteisiin. Veden kierrätys loppuneutraloinnista on aloitettu syksyllä 2011 kompensoimaan raakaveden ottoa Kolmisopesta. (Pöyry 2012b ja Talvivaara 20.12.2012 ja 21.1.2013)

### 3 Toimintaa ja vesien johtamista koskevia ympäristölupaehtoja

Talvivaaran ympäristöluvan mukainen kokonaislouhintamäärä on enintään 45 miljoonaa tonnia, josta malmia 15 miljoonaa tonnia ja sivukiveä 30 miljoonaa tonnia vuodessa (Lapin vesitutkimus Oy 2012a).

Kipsisakkaa on alettu johtaa Kipsi 1 -altaaseen vuonna 2009. Automaatiojärjestelmä otettiin käyttöön vuoden 2010 alussa, jolloin myös sakkamäärien seuranta aloitettiin. Kipsisakka-altaan uudet lohkot otettiin käyttöön vuoden 2011 aikana. Vuoden 2011 aikana sakkaa johdettiin altaisiin yhteensä 549 500 t. Tästä määrästä 424 800 t oli rautasakkaa ja 124 700 t loppuneutraloinnista syntyvää sakkaa. (Pöyry 2012b)

Talvivaaran 29.3.2007 saaman ympäristöluvan mukaan kipsisakka-altaan ylivuotovedet on käsiteltävä siten, että käsittely-yksiköistä vesistöön johdettavan jäteveden nikkelpitoisuus on alle 0,5 mg/l, kuparipitoisuus alle 0,5 mg/l ja sinkkipitoisuus alle 1,5 mg/l laskettuna 30 johtamisvuorokauden virtaamapainotteisena liukuvana keskiarvona. Kiintoaineen hehkutusjäännöksen on oltava johtamisvuorokausien neljännesvuosikeskiarvona laskettuna alle 10 mg/l ja pH 6,0–9,5. Yksittäisen näytteen nikkeli- tai kuparipitoisuus ei saa olla yli 1,0 mg/l eikä sinkkipitoisuus yli 2,0 mg/l. Lisäksi ympäristöluvassa on määrätty, että kuhunkin purkusuuntaan johdettavan jäteveden virtaama saa olla enintään 7 % Kalliojoen alaosan sen hetkisestä virtaamasta. Vuodessa kipsisakka-altaalta jälkikäsittely-yksiköille johdettavan veden kokonaisuus saa olla enintään 1,3 miljoonaa kuutiometriä. (Ympäristölupa 29.3.2007)

Vaasan Hallinto-oikeus täsmensi, että kipsisakka-altaan ylivuotovedet on käsiteltävä luvassa mainituiden pitoisuusrajojen mukaisiksi jälkikäsittelylle johdattaessa. Kiintoaineen raja-arvo on tavoitteellinen jälkikäsittely-yksiköille johdettavalle vedelle (VHO 08/0039/1 15.2.2008). Korkein hallinto-oikeus (KHO) vahvisti tämän päätöksellään 885, 886, 887 ja 888/1/08, 24.11.2008.

## 4 Kipsisakka-altaan aineiden laatu ja jälkikäsittely-yksiköltä ympäristöön johdettu kuormitus

Kipsisakka-allas sisältää metallien talteenotossa syntyvää kipsiä, rautasakkaa sekä loppuneutraloinnin sakkaa, joka sisältää vedenpuhdistuksessa erotettavia jäännös-metalleja (nikkeliä, sinkkiä, mangaania, natriumia ja kuparia) sekä sulfaatteja ja uraania. Kipsisakka-altaan liuosfaasissa oli vuoden 2011 tutkimusten perusteella nikkeliä 30–60 mg/l, sinkkiä 0–20 mg/l, kuparia 0,1–0,5 mg/l, mangaania 2500–4500 mg/l, natriumia 1800–2400 mg/l ja runsaasti sulfaatteja (kipsi itsessään on kalsiumsulfattia,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Nesteen viimeaikaisen happamuuden seurauksena edellä mainittujen aineiden pitoisuudet saattoivat olla vuoden aikana kipsisakka-altaan vedessä korkeampia kuin vuoden 2011 tutkimuksissa. (Talvivaara 12.11.2012)

Kipsisakka-altaan vedet johdetaan normaalitilanteessa takaisin bioliuotusprosessiin eikä vesiä siis johdeta sellaisenaan jälkikäsittely-yksiköille tai luontoon. Jälkikäsittely-yksikköä edeltävässä loppuneutraloinnissa veden pH nostetaan selvästi emäksiselle puolelle, jolloin mahdollistetaan liuokseen jääneiden metallien saostaminen hydroksideina. Loppuneutraloinnista vedet johdetaan jälkikäsittely-yksiköiden kautta luontoon. Keskimäärin loppuneutralointiyksiköltä jälkikäsittely-yksiköille johdetun nesteen pitoisuudet ovat vuonna 2011 olleet 5054 mg/l sulfaattia, 0,3 mg/l nikkeliä, 0,4 mg/l sinkkiä, 4,7 mg/l rautaa, 23,4 mg/l mangaania, 116 mg/l kalsiumia, 1003 mg/l natriumia ja hieman kuparia. (Talvivaara 12.11.2012)

Metallien talteenoton loppuneutraloinnissa jäljelle jäävä puhdistettu vesi kierrätetään takaisin prosessiin tai vesitilanteen niin vaatiessa, johdetaan jälkikäsittely-yksiköiden kautta luontoon. Talvivaaran ympäristöön laskeman metallien, sulfaatin ja kiintoaineen kokonaiskuormitus laski vuoden 2010 kuormituksesta vuoteen 2011 (Taulukko 2). (Talvivaara 12.11.2012)

Kipsisakka-altaan sisältämän aineksen pitoisuudet vaihtelevat, esimerkiksi 4.4.2012 mitattu nikkeli-pitoisuus on ollut 45,9 mg/l ja kadmium-pitoisuus 0,1 mg/l. Vuoden 2012 tammi-syyskuussa jälkikäsittely-yksiköiltä luontoon johdettavien vesien nikkeli-pitoisuudet ovat olleet keskimäärin 0,13 mg/l etelän suuntaan ja 0,02 mg/l pohjoisen suuntaan (Taulukko 3, Talvivaara 30.8.2012 ja 12.11.2012).

**Taulukko 2.** Talvivaaran kokonaiskuormitus vuosilta 2010 ja 2011 (Talvivaara 30.8.2012)

	SO <sub>4</sub> t/a	Na t/a	Mn kg/a	Fe kg/a	Ni kg/a	Cu kg/a	Zn kg/a	Kok.N kg/a	Kiintoaine kg/a
2010	20 385	7 948	89 481	68 128	310	26	95	3 649	914 900
2011	13 045	6 616	13 671	8 377	74	18	66	2 317	77 794



**Taulukko 3.** Jälkikäsittely-yksiköltä luontoon johdettujen vesien keskimääräiset pitoisuudet tammi-syyskuussa 2012 (Talvivaara 12.11.2012).

	Etelään (mg/l)	Pohjoiseen (mg/l)
Sulfaatti	680	4945
Nikkeli	0,13	0,02
Sinkki	0,13	0,03
Kupari	0,009	0,009
Mangaani	3,1	3,7
Natrium	319	1843

## 5 Metallien haitallisuus, taustapitoisuudet ja raja-arvot

Tässä kappaleessa kuvataan lyhyesti niitä tärkeimpiä olosuhteita ja pitoisuustasoja, joiden perusteella kipsisakka-altaan vuodon vaikutuksia pyrittiin arvioimaan. Oleellisia ovat veden happamuuden ja veden kovuuden (mm. kalsiumin) vaikutus metallien käyttäytymiseen ja myrkyllisyyteen. Myös humuspitoisuudella ja humuksen sisältämällä orgaanisella hiilellä on merkitystä mm. metallien sitojana. Useiden metallien ja vetyionien (pH) pitoisuudet olivat kuitenkin vuodon aikana niin suuria ja nopeasti vaihtelevia, ettei tässä raportissa pyritä arvioimaan metallien olomuotoja (spesiaatiota) muun vedenlaadun perusteella.

Veden happamuus vaikuttaa metallien liukoisuuteen ja kemialliseen muotoon, josta puolestaan riippuu metallien myrkyllisyys; alumiini (Al) on tästä hyvä esimerkki. Happamuuden myötä kaloille myrkyllisten alumiinimuotojen eli lähinnä epäorgaanisen ja liukoisen alumiinin osuus kasvaa. Alumiinin ja alhaisen pH:n haitallinen yhteisvaikutus on sitä suurempi mitä happamampaa vesi on (Driscoll & Postek 1996). Veden kovuus eli kalsium- ja magnesiumpitoisuus vaikuttaa metallien myrkyllisyyteen ja siihen, missä pH:ssa haitallisia vaikutuksia ilmenee. Kalsiumpitoisuuden kasvu vähentää happamuuden ja alumiinin haitallisia vaikutuksia, koska vety ja alumiini-ionit kilpailevat tarpeellisen kalsiumin kanssa sitoutumispaikoista kalojen kidusten hengityskudoksissa (Reid 1995). Nikkeli vaikuttaa planktonlevien ja kasvien kasvuun, eläinplanktonilla ja pohjaeläimillä lisääntymiseen ja kuolevuuteen sekä kaloilla myös käyttäytymiseen (EU 2011).

Luonnossa metallien myrkyllisyydessä on yleensä kyse niiden yhteisvaikutuksista. Toisin sanoen, vaikka yksittäisen metallin pitoisuus ei olisi kasvanut kuolleisuutta aiheuttavaksi, eliöiden kuolleisuutta voi ilmaantua, sillä eri metallit voivat joko suoraan lisätä toistensa myrkyvaikutuksia tai yhdessä aiheuttaa suuremman häiriön eliöiden dynaamiseen tasapainotilaan. Jotkut metallit taas vähentävät toistensa myrkyllisyyttä. Näin käy esimerkiksi metallien kilpaillessa samoista sitoutumispaikoista tai kulkeutumisreiteistä eliössä, mutta happamassa ympäristössä oleellista on tärkeimpien vaikuttavien metallien myrkyllisyyden pH-riippuvuus.

Kalojen ja muiden eliöiden kannalta oleellisia ovat ääri-ilmiöt eli happamuuden ja metallipitoisuuksien maksimi-arvot, kuten pienin pH-arvo ja metallin suurin pitoisuus; sekä nopeat muutokset niissä. Keskiarvopitoisuuksilla ei siten välttämättä ole niin paljon merkitystä. Tosin jos altistus tappavalle metallipitoisuudelle tai pH:lle on lyhytaikainen, esim. aikuiset kalat saattavat toipua, ja ne myös kestävät lyhytaikaisia ei-tappavia ”piikkejä” peräkkäin toistuvina paremmin kuin jatkuvaa altistumista. (Sutela ym. 2012)

Maksimi-arvojen havaitseminen onnistuu vain tiheällä seurannalla, käytännössä automaattisella mittausasemalla tai biologisella monitoroinnilla. Suomessa on rannikon happamilla sulfaattimaillo todettu, että jokivesien kuljettamat metallit voivat kuitenkin jäädä myös jokisuistojen pohjasedimentteihin ja aiheuttaa haittoja myöhemmin (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2007).

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) määrittelee ympäristön laatu­normit (EQS = *Environmental Quality Stan-*

dard) pintavesille. Asetuksen mukaan metallien laatu­normeja sovellettaessa voidaan huomioida luontainen taustapitoisuus ( $C_{\text{tausta}}$ ) lisäämällä se laatu­normiin (ns. lisätyn riskin menetelmä). Luontainen taustapitoisuus vaihtelee etupäässä valuma-alueen ominaisuuksista riippuen. Laatu­normi muodostuu taustapitoisuuden ja ekotoksi­suustestituloksista määritetyn MPA-arvon (*Maximum Permissible Addition*) summasta:

$$EQS = C_{\text{tausta}} + \text{MPA}$$

Asetuksen mukaiset metallien ympäristölaatu­normit sisämaan pintavesille ovat:

<u>Vuosikeskiarvo</u>	<u>Hetkellinen arvo</u>
Cd: tausta + 0,08–0,25 µg/l (veden kovuusluokituksesta riippuen)	0,45–1,5 µg/l
Ni: tausta + 20 µg/l	-- (ei sovelleta)
Pb: tausta + 7,2 µg/l	-- (ei sovelleta)
Hg: tausta + 0,02 mg/kg kalassa (ahven)	

Ympäristölaatu­normilla vedessä tarkoitetaan metallien kohdalla liukoista pitoi­suutta. Verrattaessa seuranta­tuloksia laatu­normeihin otetaan siis huomioon myös metallien luontaiset taustapitoi­suudet. Asetuksessa nikkelille annettu ohjeellinen taustapitoisuus on 1 mikrogramma litrassa (µg/l), jolloin raja-arvoksi tulisi 21 µg/l (vuosikeskiarvo). Asetuksessa kuitenkin todetaan, että kohteissa, joissa taustapitoi­suudet ovat korkeita geologisista syistä, voidaan asiantuntija-arviolla poiketa edellä mainitusta taustapitoi­suuden arvosta. Talvivaaran mustaliuskealueen vesissä taustapitoi­suudet ovat tavanomaista korkeampia. GTK:n taustaselvityksen perusteella nikkelin pitoi­suudet puroissa ovat olleet mustaliuskealueilla n. 2–15 µg/l ja alueen muilla kallioperäalueilla n. 1–5 µg/l (Gustavsson ym., 2012).

Metallien riskien arvioimiseksi tarvitaan tietoa myös muiden metallien kuten kad­miumin ja lyijyn sekä arseenin pitoi­suudesta sekä kaivosalueen vesissä että alapuoli­sisissa vesissä. Esimerkiksi lyijyn taustapitoi­suudet Talvivaaran alueen puroissa ovat olleet <1–2 µg/l (Gustavsson ym. 2012) ja EU komission uusi laatu­normiehdotus taas 1,2 µg/l (nykyinen ympäristö­laatu­normi 7,2 µg/l). Vastaavasti kad­miumin taustapi­toisuuksien voidaan arvioida olleen <0,02–0,54 µg/l (mediaani 0,18 µg/l) mustalius­kealueella ja <0,02–0,03 µg/l alueen muilla kallioperäalueilla (Loukola-Ruskeeniemi ym. 1998). Kuitenkaan tarkkailuissa ympäristöstä mitatut pitoi­suudet viime vuosina eivät ole vastanneet asetuksen laatuvaatimuksia, sillä korkean mää­ritysrajan (2 µg/l) vuoksi todellista pitoi­suutta ei ole tunnettu näissä vesissä ennen vuototapausta.

Edellä esitetyn perusteella Talvivaaran alueella ympäristölaatu­normit (vuosikeski­arvo) olisivat:

- Ni n. 22–35 µg/l
- Pb n. 8 µg/l
- Cd n. 0,1 µg/l – 0,8 µg/l (maksimi mustaliuskealueella)

On kuitenkin huomattava, että ELY – keskus­te­te­vät pintavesien kemiallisen tilan virallisen luokittelun vesienhoidon suunnittelua varten. Kemiallisen tilan luokittelu vesistöille tehdään vesimuodostuma-ohjetta noudattaen, jossa pääsääntönä on, että järven pinta-ala on yli 1 km<sup>2</sup> ja joen valuma-alue purkukohdassa yli 10 km<sup>2</sup>.

Metallien ympäristövaikutuksiin vaikuttaa hyvin paljon niiden biologinen saata­vuus (*bioavailability*) eli se osuus, joka vaikuttaa eliön toimintoihin. Käyttökelpoisuu­teen vaikuttavat ionimuotoisia metalleja sitovat yhdisteet kuten humus ja sitoutu­mispaikoista kilpailevat metallit kuten kalsium sekä happamuus/emäksisyys (pH). Tässä raportissa ei ole huomioitu näiden tekijöiden vaikutusta metallien ”vaikutta-

vaan pitoisuuteen” kvantitatiivisesti eli määrällisesti (kts. esim BLM-mallinnus). Eri metallien haitallisuutta on kuitenkin yritetty karkeasti hahmottaa kirjallisuudesta saaduista vaikutustasoin. Esimerkiksi EU:n vesipuitedirektiivin (VPD, 2000/60/EY) valmistelussa on laskettu laatu normi myös sinkille, joka on vuosikeskiarvona 8–11 µg/l (biosaatava osuus) ja hetkellisesti (ns. MAC-EQS) 23–33 µg/l.

Uraanille ja arseenille ei ole VPD:n puitteissa laskettu normeja tai ohjearvoja. Näiden aineiden kohdalla on vaikutusten arviointiin käytetty kanadalaisia veden laadun ohjearvoja vesieliöiden suojelemiseksi (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001, 2011). Uraanille lyhytaikaisen altistuksen ohjearvo on 33 µg/l ja pitkäaikaisen altistuksen 15 µg/l. Arseenille on annettu vain pitkäaikaisen altistuksen arvo joka on 5 µg/l. Sekä EU:n että Kanadan soveltamissa raja-arvoissa on lisäksi käytetty jonkin verran turvakertoimia, joten raja-arvon ylitys ei välttämättä aiheuta välittömiä vaikutuksia. Taulukkoon 4 on koottu tärkeimpien metallien raja-arvoja sekä SYKEN marraskuussa käyttämät ohjeelliset vaikutustasot.

**Taulukko 4.** Metallien raja-arvoja ja vaikutustasoja (µg/l).

	Ni	Cd	Pb	Zn	U	As	Cu	Cr	Al
Lyhytaikainen raja-arvo		1,5 <sup>1</sup>		23-33 <sup>3</sup>	33 <sup>4</sup>		9-45 <sup>6</sup>	15-75 <sup>6</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>	5 <sup>5</sup>	3-9 <sup>6</sup>	5-15 <sup>6</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	10	10	20	500-1000

<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>5</sup> Canadian Council of Ministers of the Environment 2001

<sup>6</sup> Naturvårdsverket 1999

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

## 6 Vesien tila ennen kipsisakka-altaan vuotoa

6.1

### Pintavedet

Talvivaaran kaivoksen lähijärviä on tutkittu ennen kaivoksen toiminnan aloittamista ns. perustilaselvityksiä varten sekä Kainuun ympäristökeskuksen toimesta (nykyinen ELY-keskus). Talvivaaran kaivoksen ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa todetaan, että lähivesistöt ovat humuspitoisia, happamia ja niissä on alhainen alkaliniteetti, eli alhainen kyky neutraloida happoja (Lapin vesitutkimus Oy 2005). Sulfaattia ei havaittu olevan poikkeuksellisen paljon, lukuun ottamatta Honkalampea ja Heittimenpuroa, joihin malmi suoraan vaikuttaa. Lisäksi YVA-selostuksessa todettiin alueen vesien olevan karuja kokonaistypen ja -fosforin pitoisuuksien perusteella.

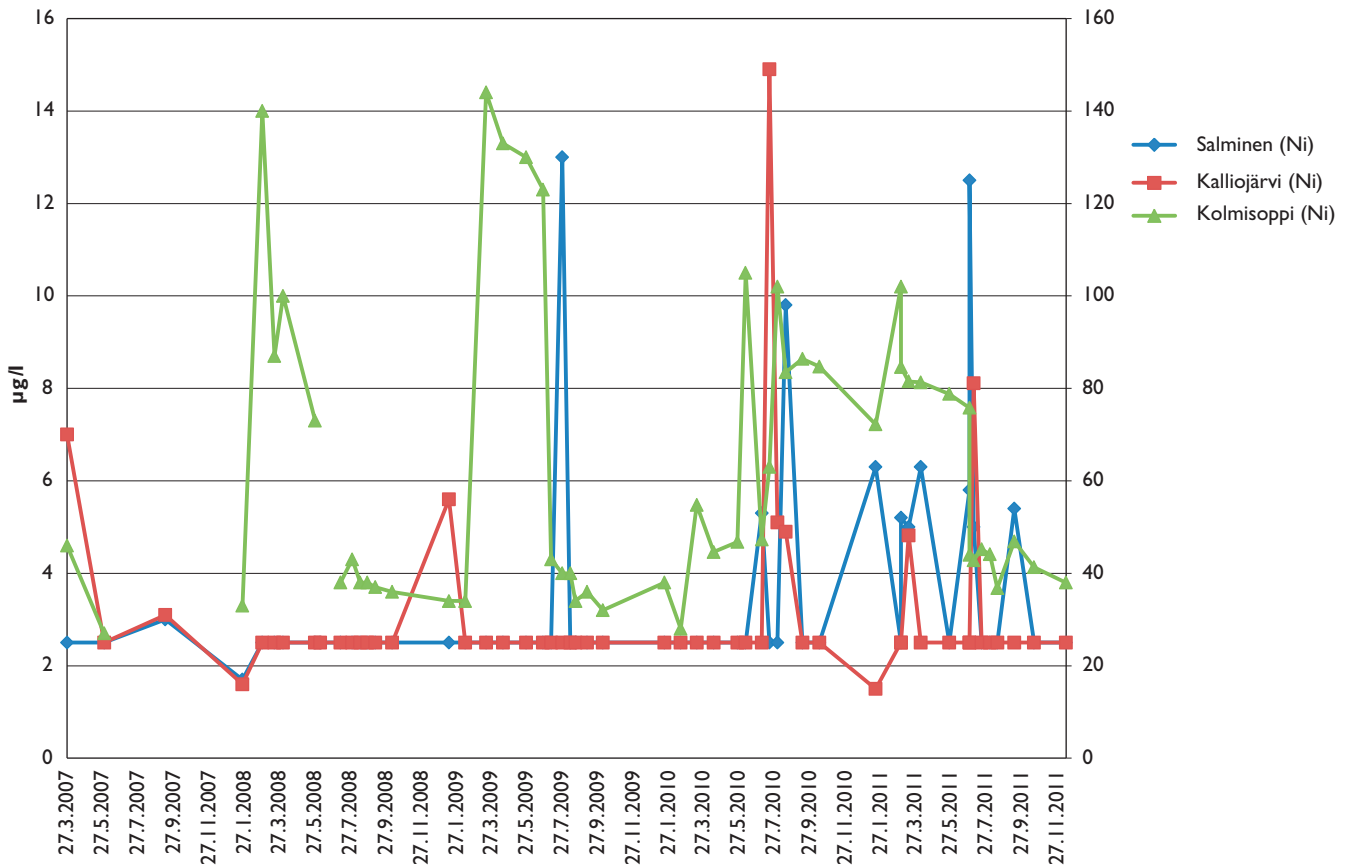
Talvivaaran kaivosalueen lähijärvet ovat osin muuttuneita kaivoksen aiemman kuormituksen vaikutuksesta. Yleiskuvaus järvistä ja arvio niiden tilasta ennen padon vuotoa on taulukossa 5.

**Taulukko 5.** Talvivaaran lähialueen järvet ja arvio niiden tilasta ennen padon vuotoa marraskuussa 2012, hydrologiset tiedot Pöyry (2012a).

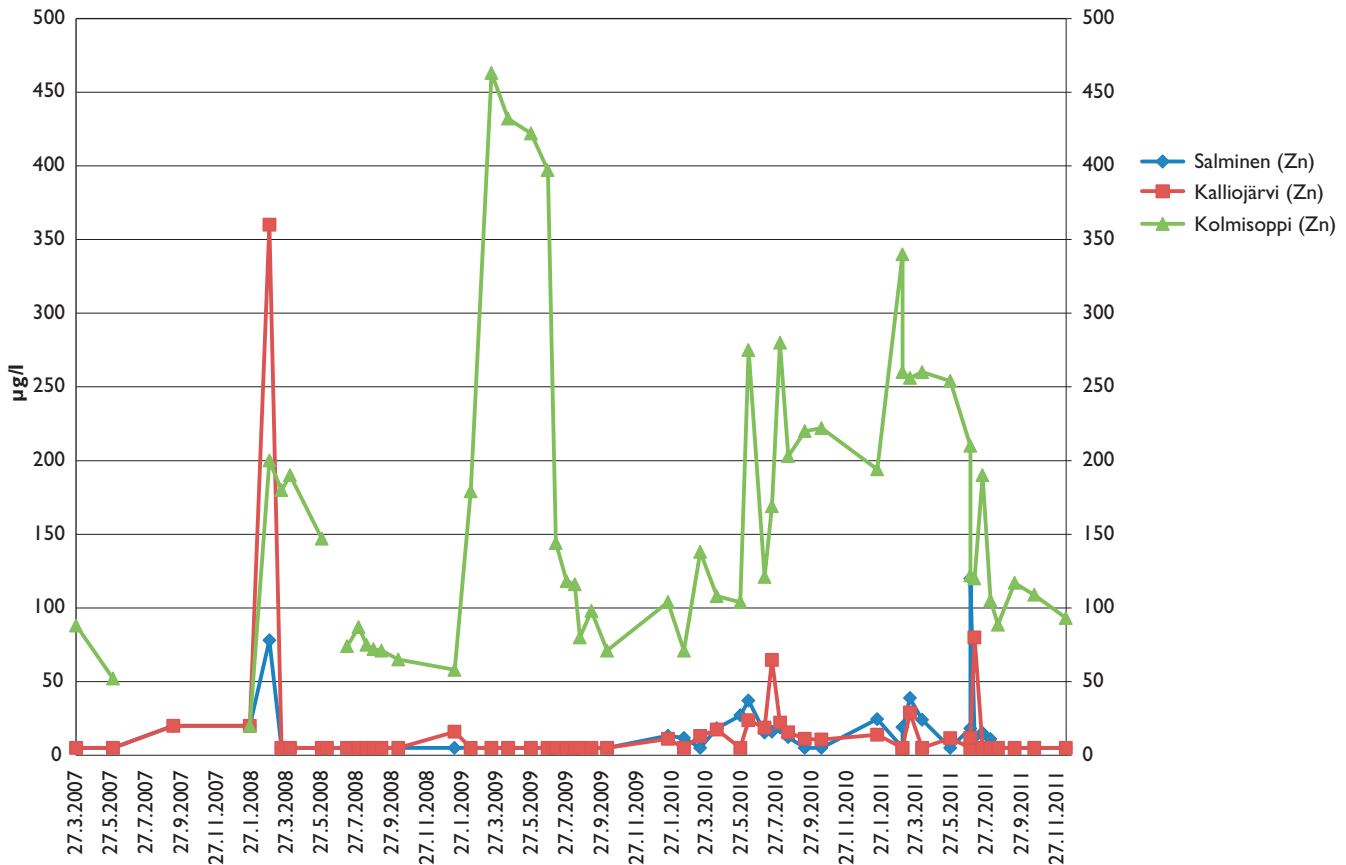
	Valuma- alue, km <sup>2</sup>	Pinta-ala ha	Tilavuus milj.m <sup>3</sup>	Viipymä vrk	Kaivostoiminnan vaikutus nykytilaan
Oulujoen suunta					
Salminen	11,8	10,5	0,243	21	Alusvesi suolaantunut
Kalliojärvi	16,5	30	0,73	47	Alusvesi suolaantunut
Kolmisoppi	105	200	11	110	Muutoksia alusvedessä, suoria päästöjä kaivosalueelta ja kallio-paljastumista
Jormasjärvi	300	2200	183	640	Lieviä muutoksia alusvedessä
Vuoksen suunta					
Ylä-Lumijärvi	7,1	6	0,06	11	
Kivijärvi	42,6	125	7,5	175	Alusvesi suolaantunut
Laakajärvi	463,9	3400	220	510	Lieviä muutoksia alusvedessä

Nikkelin ja sinkin pitoisuudet ovat kaivoksen tarkkailuraportin mukaan ylittäneet vesieliöstölle haitallisena pidettävän tason (kts. Taulukko 5) Kolmisoppijärven Kalliojoen suulla useaan otteeseen vuosina 2009 ja 2010 sekä Kolmisopesta lähtevässä vedessä ja Tuhkajoessa keväisin ja syksyisin (Pöyry 2011). Seurantaohjelmassa havaitut nikkelin ja sinkin vuosivaihtelut Salmisessa, Kalliojärven ja Kolmisopessa vuosina 2007–2012 on esitetty kuvissa 5 ja 6. Kolmisoppeen on päässyt kaivoksen rakentamisen aikana tehdyn pintamaan poiston yhteydessä nikkelpitoisia valumavesiä, jotka ovat nostaneet pitoisuuksia jo aiemmin.

Jälkikäsitteily-yksiköillä tapahtuu vielä jonkin verran loppuneutraloinnista tulevien vesien puhdistumista ja metallien saostumista, jolloin jälkikäsitteily-yksiköiltä vesistöön johdettavissa vesissä pitoisuudet ovat usein alhaisempia (Talvivaara 20.12.2012). Jälkikäsitteily-yksiköt ovat toimineet kuitenkin vaihtelevasti ja esimerkiksi Mourunpuroon johdettavan veden nikkelpitoisuudet eivät ole vähentyneet jälkikäsitteily-yksikössä vuonna 2011 (Pöyry 2012a). Pohjoisen suuntaan pitoisuudet



**Kuva 5.** Nikkelin pitoisuuksien vaihtelu päänlyysvedessä (1 m) vuosina 2007–2011. Huomaa oikeanpuoleinen pystyakseli Kolmisoppen pitoisuuksille. (Velvoitetarkkailu)



**Kuva 6.** Sinkin pitoisuuksien vaihtelu päänlyysvedessä (1 m) vuosina 2007–2012. (Velvoitetarkkailu)

ovat pienentyneet kymmenesosaan. Yksiköistä vapautuvassa vedessä on myös suuria pitoisuuksia fosforia, ilmeisesti veden alle peittyvistä maa-alueista johtuen tai rautaan sitoutuneen fosforin vapautumisen myötä.

Eteläinen jäteveden käsittely-yksikkö käsittää kolme selkeytysallasta: Lumelantien patoallas, Urkin allas ja Kortelampi. Vesi johdetaan altailta pinta-osasta aina seuraavaan altaaseen. Lumelantien patoaltaan tämän hetkinen tilavuus on noin 520 000 kuutiometriä, Urkin altaan 140 000 kuutiometriä ja Kortelammen 1 670 000 kuutiometriä. Valmistuneen uuden patoaltaan maksimitilavuus on 2,2 miljoonaa kuutiometriä (Talvivaara 20.12.2012).

Alueen vesistöt ovat luontaisesti happamia (Pöyry 2012a). Luontainen happamuus voi olla peräisin luonnontilaisilta suo- ja turvemailta sekä maanpinnan läheisyydessä olevilta mustaliuske-esiintymiltä, jotka pääsevät kosketuksiin ilman kanssa etenkin kun maata muokataan ojituksen, metsänhoidon, kaivostoiminnan yms. kautta. Sulfidimineraalien hapettuessa maaperään muodostuu rikkihappoa ( $H_2SO_4$ ), joka sateiden mukana huuhtoutuu alapuoliseen vesistöön aiheuttaen voimakastakin happamoitumista sekä ajoittaista sulfaattipitoisuuden nousua. Happamat valumavedet liottavat maaperästä myös metalleja, joka voidaan havaita ajoittain kohonneina metallipitoisuuksina.

6.2

## Sulfaatin, natriumin ja mangaanin vesistövaikutuksia

Sulfaattia päätyy Talvivaaran kaivoksesta vesiin sulfidimalmista ja rikkihaposta, jota käytetään edistämään bioliuotusprosessia. Sulfaatti on luonnossa yleinen yhdiste ja merivedessä sitä on noin 2700 mg/l. Sen sijaan järvi-, joki- ja pohjavesissä sulfaattia on yleensä vain muutamia milligrammoja litrassa, järvien mediaanipitoisuuden ollessa 3,8 mg/l (Taulukko 6). Talvivaaran alapuolisissa järvissä sulfaatin merkittävin vaikutus on luultavasti fysikaalinen, ts. järvien kerrostuneisuuden voimistuminen ja siitä johtuva alusveden happikato, millä puolestaan on monia hyvin haitallisia vaikutuksia veden biologiaan. Järvissä, joihin kohdistuu ravinne- tai orgaanisen aineen kuormitusta, sulfaatti voi myös voimistaa fosforin vapautumista pohjalta, mikä lisää rehevöitymistä (ns. *sulphate-mediated eutrophication*). Juomaveden sulfaattipitoisuus ei saisi ylittää 250 mg/l:aa, mutta tämä raja-arvo liittyy putkistojen korroosioon.

Myös natriumia on suomalaisissa järvissä luontaisesti vain vähän (mediaanipitoisuus 1,7 mg/l, taulukko 6). Talvivaaran tapauksessa natriumin vesistövaikutuksista pääasiallisin lienee myös fysikaalinen, ts. kerrostuneisuutta voimistava. Liuenneet ionit, kuten sulfaatti ja natrium, vaikuttavat myös suoraan kasveihin ja eläimiin, mutta näitä vaikutuksia tunnetaan heikommin. Eräässä melko vanhassa tutkimuksessa havaittiin sulfaattipitoisuuden 100 mg/l olevan myrkyllinen vesisammalelle *Fontinalis antipyretica* (Frahm 1975), ja tämä arvo asetettiin Kanadan Brittiläisessä Kolumbiassa sulfaatin maksimipitoisuudeksi (*not to be exceeded at any time*). Uudemmissa tutkimuksissa sulfaatti ei kuitenkaan osoittautunut läheskään yhtä myrkylliseksi; 1970-luvun tutkimuksessa havaittu toksisuus johtui ilmeisesti sulfaatin sijasta kaliumista, sillä sulfaatti oli lisätty muodossa  $K_2SO_4$ . Daviesin (2007) tutkimuksessa samainen vesisammal kesti paljon korkeampia sulfaattipitoisuuksia – sitä korkeampia, mitä kovempaa vesi oli. Ilmeisesti myös natriumin toksisuusvaikutukset ovat melko vähäisiä verrattuna kaliumiin ja kloridiin. Käytännössä suolaantumisen vaikuttaa kuitenkin vesieliöiden lajiston vähittäiseen muuttumiseen murtovettä suosiviksi, mikä luonnollisesti muuttaa koko vesiekosysteemin tilaa.

Mangaani hapettuu vesissä mikrobiologisesti, jonka seurauksena havaitaan mustaa mangaanioksidia. Vesistövaikutuksia on vaikea arvioida, mutta teoriassa nämä saattaisivat olla myös suotuisia, sillä mangaanioksidit vähentävät fosforin vapautumista pohjasedimentistä, ts. lieventävät sulfaatin mahdollista vaikutusta.

Taulukoihin 6 ja 7 on koottu tietoja sulfaatin, natriumin ja mangaanin pitoisuuksista eri vesistöissä Suomessa ja Talvivaaran jätevesien vaikutusalueella. Nuasjärveen on laskettu aiemmin myös talkkikaivoksen jätevesiä.

**Taulukko 6.** Sulfaatin, natriumin ja mangaanin pitoisuus suomalaisissa järvissä (vuodet 2000–2012). Havainnot on koottu ympäristöhallinnon Hertta-tietokannasta kaikkien ajankohtien, syvyyksien ja määrittymenetelmien keskiarvona.

<sup>1)</sup> Elo-joulukuu 2011, jälkikäsitteily-yksiköltä purkautuva vesi.

	SO <sub>4</sub> mg/l	Na mg/l	Mn µg/l
Keskiarvo	15	5,5	180
Mediaani	3,8	1,7	65
Min–Max	0,1–3280	0,1–1430	1–22 700
Murtovesi 6 ‰	470	1840	-
Talvivaaralta Oulujoen vesistöalueelle <sup>1</sup>	5930	2300	3000
Talvivaaralta Vuoksen vesistöalueelle <sup>1</sup>	820	290	2330

**Taulukko 7.** Sulfaatin pitoisuuksia Oulujoen ja Vuoksen vesistöalueen eri osavalmu-alueilla (vuodet 2000–2012). Havainnot on koottu ympäristöhallinnon Hertta-tietokannasta kaikkien sulfaattimääritysten keskimääräisenä pitoisuutena.

<sup>1)</sup> Vain 3 määrittystä Nuasjärven Jormaslahdesta, havaintopaikka 3.

Päävesistöalue			SO <sub>4</sub> mg/l	n
Oulujoki				
	59.885	Tuhkajoen va	530	353
	59.882	Jormasjärven va	17	135
	59.884	Talvijoen va	30	7
	59.862	Kiantajärven va	3	77
	59.851	Räätäjärvi	2,4	6
	59.821	Sotkamojärvi	3,7	5
	59.817	Nuasjärven Jormaslahti <sup>1</sup>	650 <sup>1</sup>	3
	59.811	Nuasjärven la	11	177
	59.813	Iso Sivoslampi	2,7	3
Vuoksi				
	04.645	Kivijoen va	330	194
	04.646	Sopenjoen va	2,2	41

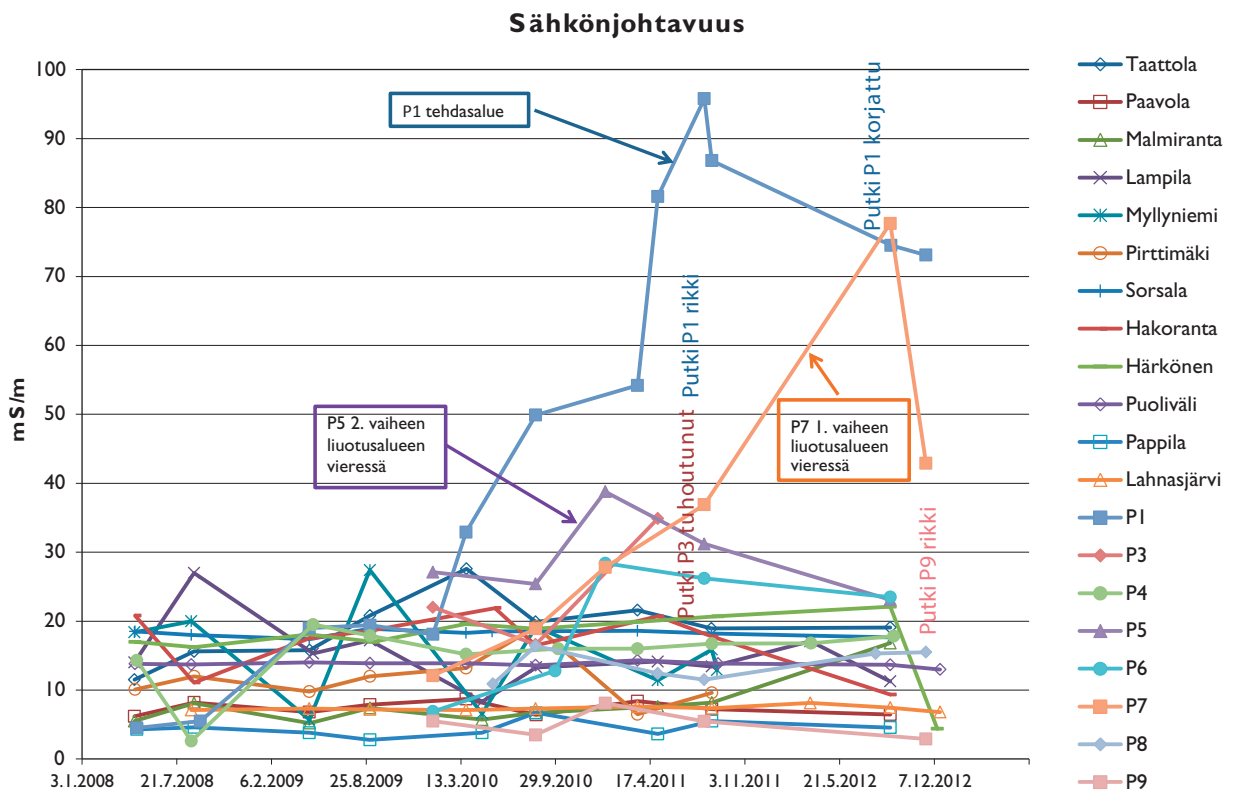
Sulfaattia kulkeutuu vesiimme myös muilta kaivoksilta, teollisuuden ja asutuksen jätevesissä ja hajakuormituksena. VAHTI -tietojärjestelmän mukaan vesiemme pistemäinen sulfaattikuormitus oli vuonna 2011 yhteensä 82 000 tonnia. Talvivaaran kuormitus (13 000 tonnia vuonna 2011) ei sisälly lukuun, sillä Talvivaaralle on asetettu velvoite tarkkailla sulfaattikuormitustaan, mutta ei raja-arvoa päästöille. VAHTI -esimerkki kertoo sulfaatin olevan hyvin yleinen aine jätevesissä, mutta myös seurantavelvoitteen epäyttenäisyyksistä, koska sulfaatin aiheuttamia vesistövaikutuksia ei ole yleisesti tunnettu eikä sitä pidetä erityisen haitallisena aineena.



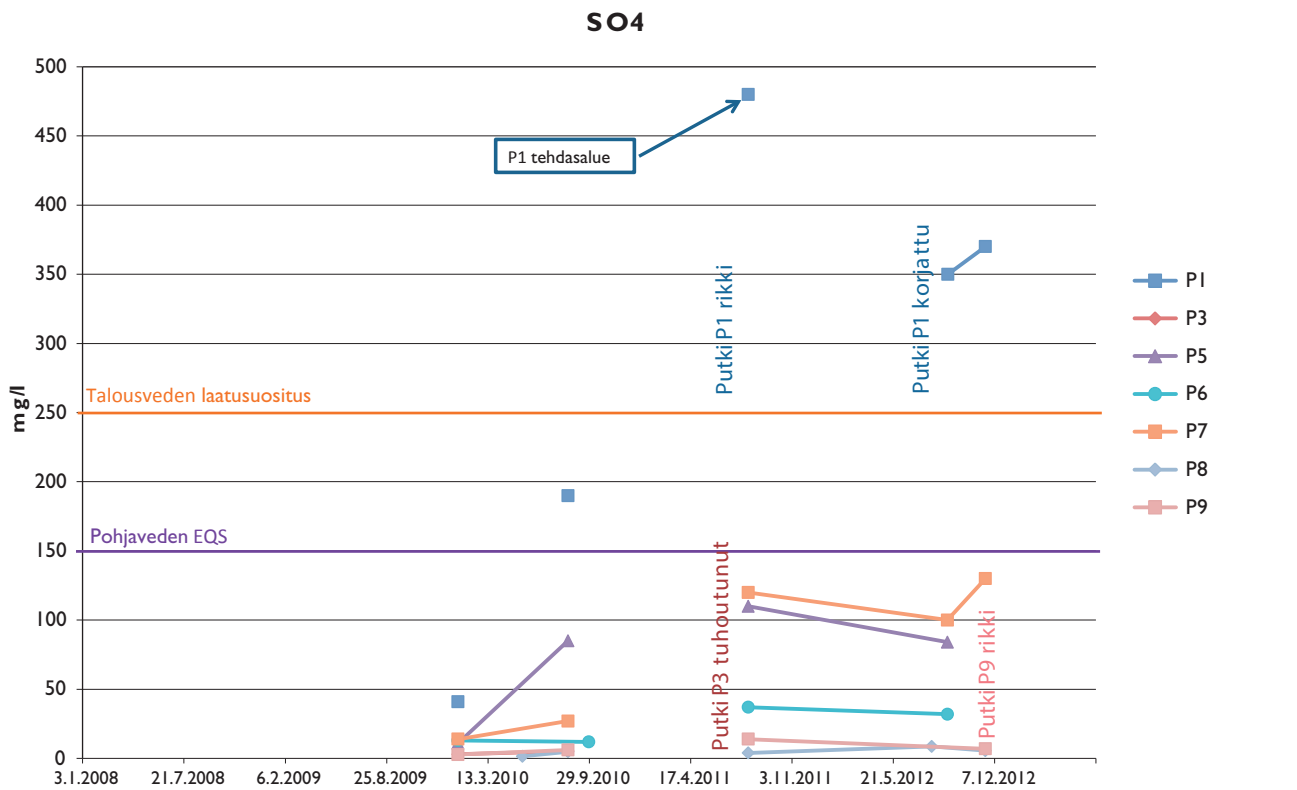
## Maaperä ja pohjavedet

Kipsisakka-altaan vuodon aikana ja vuoden 2012 loppuun mennessä ei maaperän pilaantumiseen liittyviä tutkimustuloksia ole ollut käytössä, joten tässä raportissa vaikutuksia maaperään ei ole arvioitu.

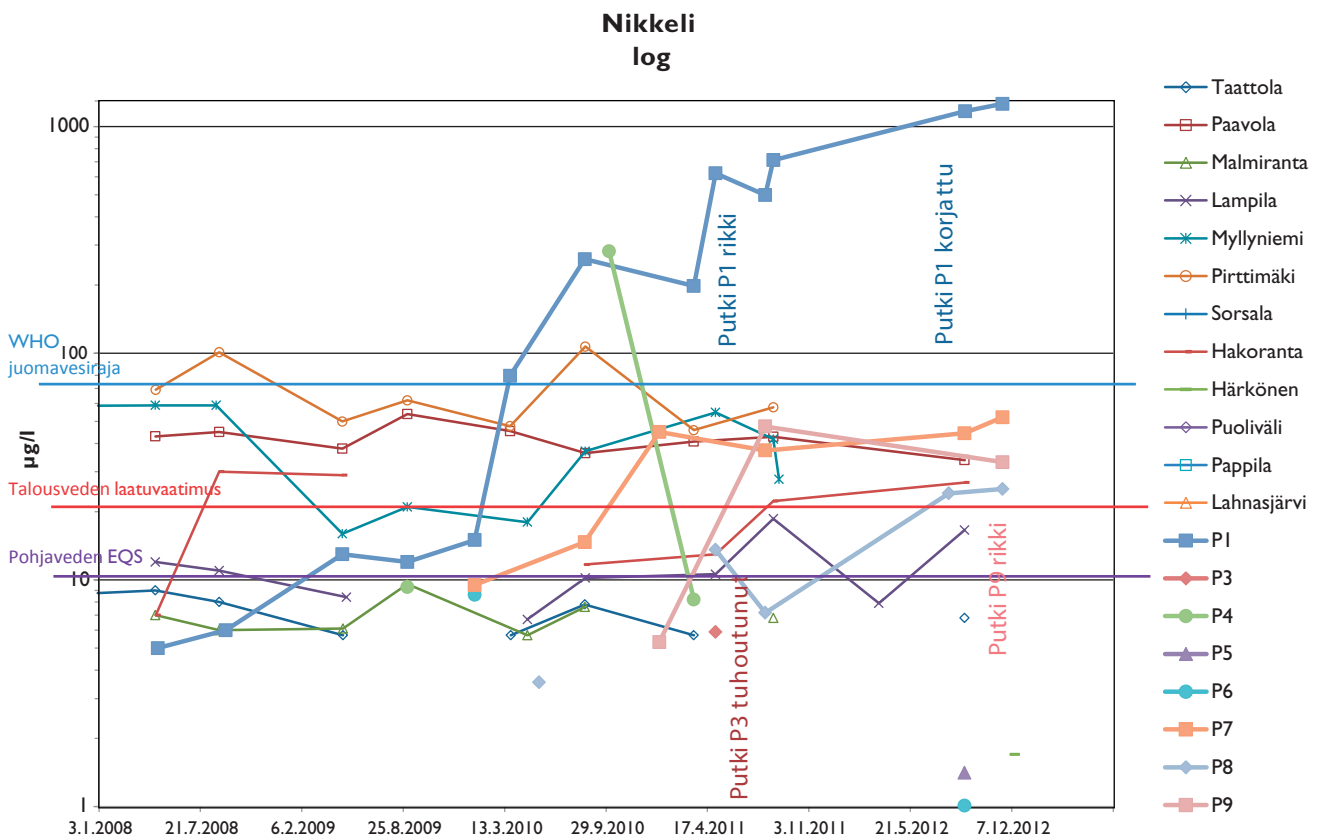
Pohjavesien laadun velvoitetarkkailun (2008–2012) (Pöyry 2012b ja Kainuun ELY-keskus 2012) perusteella tehdasalueella ja liuotusalueiden läheisyydessä pohjaveden laatu on muuttunut kaivostoiminnan aikana (esimerkkeinä kuvat 7–9 ja liite 1). Selvimmin tämä näkyy sähköjohtavuuden sekä sulfaatti- ja nikkelpitoisuuden muutoksina havaintoputkissa P1, P5 ja P7.



Kuva 7. Pohjaveden sähköjohtavuuden vaihtelu vuosina 2008–2012. (Velvoitetarkkailu 2008–2012).



**Kuva 8.** Pohjaveden sulfaattipitoisuuden vaihtelu vuosina 2008–2012. (Velvoitetarkkailu 2008-2012).



**Kuva 9.** Pohjaveden nikkelpitoisuuden vaihtelu vuosina 2008–2012. (Velvoitetarkkailu 2008-2012). Pitoisuuden asteikko on logaritminen.

## **Yhteenveto pinta- ja pohjavesien tilasta ennen kipsisakka-altaan vuotoa**

Arvioitua suuremmat jäteveden sulfaatti-, mangaani- ja natriumpitoisuudet ovat aiheuttaneet muun muassa lähivesistöjen suolapitoisuuden nousua, joka puolestaan on estänyt Salmisen, Kallio- ja Kivijärven kevät- ja syystäyskierron. Kiertojen estyminen on johtanut alusveden alentuneisiin happipitoisuuksiin. Alusveden happivaje ja päällys- ja alusveden suolapitoisuuden nousu ovat vaikuttaneet myös järvien biologiaan muuttamalla etenkin pohjaeläimistön koostumusta ja jopa virtavesien piilevälajistoa murtovettä suosivaksi.

Kaivospiirin alueella tehdas- ja liuotusalueiden läheisyydessä on havaittavissa kaivostoiminnan aiheuttamaa pohjaveden laadun muutosta (Kuvat 7-9). Alue, jossa on havaittu pinta- ja pohjavesien pilaantumista, ei kuitenkaan ole kunnallisen vedenhankinnan kannalta luokiteltu pohjavesialue.

# 7 Kipsisakka-altaan vuodon aiheuttama kuormitus ja vaikutukset

7.1

## Kuormitustilanne

Kaivoksen kipsisakka-altaan vuoto havaittiin 4.11.2012 ja se jatkui 15.11.2012 asti. Sakka-altaan reunavallissa oli kaksi pääasiallista purkautumiskohtaa ja useita pienempiä purkautumiskohtia, joista virtasi suuri määrä altaan metallipitoista jätevettä kaivosalueelle. Suurempi vuoto kulkeutui kaivosalueella etelän suuntaan ja pienempi pohjoiseen. Pääosa kipsisakka-altaan yli miljoonan kuutiometrin jätevesivuodosta varastoitiin kaivosalueelle onnettomuuden aikana rakennettuun maapohjaiseen turva-altaaseen. Vuotanutta vettä pumpattiin myös takaisin muihin kaivosalueen olemassa oleviin altaisiin. Kaivosalueen ulkopuolelle vesistöön jätevettä arvioidaan virranneen pohjoiseen, Oulujoen suuntaan noin 20 000 m<sup>3</sup> ja etelään, Vuoksen suuntaan noin 200 000 m<sup>3</sup>. Vuototapahtuman aikana ja sen jälkeen on käytetty neutralointikemikaaleja, muun muassa kalkitusta saostamaan metalleja jätevedestä kaivosalueen sisällä olevilla jälkikäsittelyalueilla, luontoon johdettavista virroista sekä kaivosalueen ulkopuolisilla lähialueilla. Lähivesien kalkitusta jatkettiin 24.11.2012 asti.

Vuodon aikana ja sen jälkeen marraskuun loppuun mennessä oli kaivosalueelta päässyt pohjoisen (Kalliojärvi) ja etelän (Kivijärvi) suunnan vesistöihin 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. Kuormituslaskelmat perustuvat mitattuihin pitoisuuksiin ja niiden välisiin suhteisiin sekä VEMALA -vesistömallilla laskettuihin virtaamiin, koska jatkuvat havainnot virtaamista puuttuivat (kts. kappale 8). Vuoden 2010 kokonaiskuormitukseen verrattuna onnettomuustilanne aiheutti noin seitsemänkertaisen nikkeli- ja noin kymmenkertaisen sinkkipäästön. Vuoden 2011 kokonaiskuormitukseen verrattuna nikkeli- ja sinkkipäästö oli kaksikymmentäseitsemänkertainen ja sinkin osalta viisitoistakertainen. Suurin osa päästöstä on pohjoisen suunnassa pidähtynyt Kalliojärveen ja etelän suunnassa Kivijärveen.

Eräiden tässä aineistossa käsiteltyjen metallien kuormituksen tarkastelussa voidaan hyödyntää niiden voimakasta pitoisuuksien keskinäistä riippuvuussuhdetta (kts. luku 8, taulukko 11). Erityisesti monen metallin riippuvuussuhde (korrelaatio) nikkeliin on huomattavan voimakas. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi kadmiumin, sinkin, uraanin, koboltin, raudan ja mangaanin kuormitusta on voitu arvioida nikkelihavaintojen perusteella.

**Kipsisakka-altaasta pohjoiseen** suuntautunut vuoto pääsi aluksi jälkikäsittely-yksikön ohitse suoraan luontoon kulkeutuen sakka-altaiden länsipuolisen suoalueen ja Viitapuron kautta Salmiseen ja edelleen Kalliojärveen. Pohjoisen suunnan vuoto saatiin pysymään suhteellisen vähäisenä patoamalla vuotovesiä Lahnasjärventien varrelle ja pumpaamalla jätevettä takaisin sakka-altaaseen. 5.11.2012 vuotovedet saatiin pääosin johdettua pohjoiselle jälkikäsittely-yksikölle, jonka jälkeen ne eivät enää kulkeutuneet luonnonojia pitkin suoraan Salmiseen. Jälkikäsittely-yksikön lisäksi vesiä pumpattiin vuodon aikana myös liuos- ja varastoaltaisiin. Suurimmillaan pohjoiseen suuntautuneen vuodon määrä oli kipsisakka-altaalta noin 1000 m<sup>3</sup>/h. Pohjoiselle jälkikäsittelyalueelle ohjatut vedet varastoitiin Haukilampeen neutraloin-

tia varten. Kaivosalueen ulkopuolelle pääsystä jätevettä neutraloitiin Viitapuron, Salmisen, Salmisenpuron, ja Kalliojoen alueilla.

Vuodon aikana Oulujoen vesistön suuntaan pääsi nikkelin lisäksi muun muassa sinkkiä, uraania ja alumiinia. Neutraloinnilla saostettujen raskasmetallien liukeneminen happamassa vedessä näkyi kohonneina pitoisuustasoina Salmisenpurossa ja kokonaiskuorman kasvuna Kalliojärveen vielä vuodon päätyttyäkin. Marraskuun lopun tilanteen mukaan arvioituna Kalliojärveen oli kulkeutunut nikkeliä lähes 400 kg, sinkkiä noin 150 kg, uraania noin 10 kg ja kadmiumia noin 0,5 kg.

**Kipsisakka-altaasta etelään** suuntautunut vuoto oli määrällisesti paljon suurempi sekä kaivosalueelle että alapuoliseen vesistöön. Turva-altaan rakentaminen eteläisen jälkikäsitteily-yksikön yhteyteen aloitettiin välittömästi onnettomuuden tapahduttua ja vuoto, joka suurimmillaan vaihteli välillä 5000 – 10 000 m<sup>3</sup>/h saatiin ensivaiheessa pysäytettyä kaivosalueelle. Aikavälillä 4.–7.11. jätevettä ei vielä päässyt kaivosalueen ulkopuolelle etelän suunnalla vaan se pystyttiin varastoimaan kaivosalueelle Lumelan, Urkin ja Kortelammen patoihin. Vettä varastoitiin ensin Lumelan patoon ja alemmista padoista juoksutettiin puhtaampaa vettä pois, jotta niihin saatiin lisätilavuutta. Lumelan täytyttyä vettä otettiin Urkin patoon ja sen täytyttyä edelleen Kortelammen patoon. Kun Kortelammen pato alkoi täytyä, aloitettiin 8.11.2012 juoksutus vesistöön. Neutraloinnin ja vanhan puhtaamman veden vuoksi metallien pitoisuudet jätevedessä olivat aluksi alhaisempia, mutta alkoivat juoksutuksen edetessä nousta. Suurin jätevesipäästö etelään tapahtui 11.11.2012. Jätevedet ohjattiin kaivosalueen ja Ylä-Lumijärven väliselle suoalueelle, josta ne edelleen kulkeutuivat Lumijoen kautta alapuoliseen vesistöön. Etelän suunnalla jätevesipäästöä neutraloitiin Lumelan, Urkin ja Kortelammen padoilla. Vesistöön johdettua jätevettä neutraloitiin Ylä-Lumijärven pohjoispuolisella suoalueella, Ylä-Lumijärvellä sekä Lumijoella Ylä-Lumijärven alapuolella ja Jyrkkäkosken alapuolisella osuudella.

Jätevedet kulkeutuivat vesistöön 11.11.2012 aikana pulssimaisena päästönä, jolloin mitatuissa metallipitoisuuksissa havaittiin selvä piikki. Lumijoesta sunnuntaina 11.11.2012 otettujen näytteiden perusteella kaivosalueen eteläisen puolen vesistöön oli päässyt nikkelin ja sinkin lisäksi korkeina pitoisuuksina muun muassa kadmiumia, alumiinia ja uraania. Lisäksi vesistöön oli päässyt lyijyä, arseenia ja kuparia, mutta niiden pitoisuudet olivat huomattavasti pienempiä (Liite 2). Jätevesivuoto Lumijoen suuntaan oli suurimmillaan noin 3000–4000 m<sup>3</sup>/h. Osa päästön sisältämistä metalleista on saostuneena patoaltaiden ja Ylä-Lumijärven välisellä suoalueella, jonne jätevettä nostettiin väliaikaisella patorakenteella tarkoituksena vähentää Kivijärveen kohdistuvaa kuormitusta. Määrää ei ole arvioitu, mutta liukenemista vesistöön voidaan jatkossa arvioida Lumijoen pitoisuusseurannan avulla. Marraskuun lopun tilanteen mukaan arvioituna Kivijärveen oli kulkeutunut nikkeliä lähes 1800 kg, sinkkiä noin 800 kg, uraania yli 60 kg ja kadmiumia noin 2 kg.

7.2

## Näytteenotto ja analyysimenetelmät

Vesinäytteet joki- ja purokohteista otettiin kahden litran pulloihin. Näytteestä 100 ml suodatettiin (GD/XP, 045 µm) ja kestävästiin supratyypihapolla (0,5 ml/100 ml, lisäys uusitaan jos vesi alkaa saostua ensimmäisen happolisäyksen jälkeen).

Suodattamaton 100 ml näyte kestävästiin suprapur tyypihapolla (0,5 ml/100 ml näytettä, lisäys uusitaan, jos näytevesi on sameaa tai siihen ilmestyy saostumia ensimmäisen lisäyksen jälkeen).

Lopusta 800 ml:n näytteestä analysoitiin kiintoaines, kovuus, alkaliniteetti, kokonaistyppi ja kokonaisfosfori sekä sulfaatti (SO<sub>4</sub>), kloridi (Cl) ja fluoridi (F).

Hydrokopterilla otettiin vesinäytteet järvistä seuraavasti: Salmisesta (syvyyksistä: 1 m, 4 m, 7 m), Kalliojärvestä (1 m, 4 m), Kivijärvestä (1 m, 3 m, 4,5 m) ja Laakajärvestä (1 m, 5 m, 9 m). Vesinäyte ositettiin pH:n ja sähkönjohtavuuden (1 kpl 0,5 l), sekä happipitoisuuden ja alkuaineiden analysointiin. Alkuaineanalyysijä varten valmistettiin suodatettu ja suodattamaton näyte, kuten joki- ja purovesistä.

Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa metallianalyysijä varten näytteet märkäpoltettiin akkreditoidulla menetelmällä, joka perustuu standardiin SFS-EN ISO 15587-2 (2002). Märkäpoltto tehtiin typpihapolla suljetuissa näyteastioissa mikroaaltolaitteella CEM Mars Xpress (CEM Corporation), jossa näytteen lämpötila nostettiin ennalta määritellyn poltto-ohjelman mukaisesti 180 °C:een. Suodatettuja näytteitä ei märkäpoltettu.

ICP-OES – analyysit tehtiin akkreditoidulla menetelmällä, joka perustuu standardiin SFS-EN ISO 11885:en (2009). Rauta- ja mangaanianalyysit märkäpoltetuista näytteistä tehtiin laitteella IRIS Intrepid II XSP (Thermo Scientific) ja muut analyysit laitteella Varian Vista Pro Radial (Varian Inc., nyk. Agilent Technologies). ICP-OES (Induktiivisesti kytketty plasma - optinen emissiospektrometria) on mittaustekniikka, jossa liuosnäytteestä muodostetaan laitteen sumuttimessa aerosoli, joka johdetaan argonplasmaan. Plasmassa näytteen sisältämät alkuaineet emittoivat niille ominaista emissiospektriä. Alkuaineiden pitoisuudet määritetään vertailuliusten avulla.

ICP-MS – analyysit tehtiin akkreditoidulla menetelmällä, joka perustuu standardeihin SFS-EN ISO 17294-1:en (2006) ja 17294-2:en (2005). Analyysit tehtiin laitteella PerkinElmer Elan DRC II (PerkinElmer Inc.). ICP-MS (Induktiivisesti kytketty plasma - massaspektrometria) on mittaustekniikka, jossa argonplasmaa käytetään ionilähteenä. Plasmassa syntyneet näytteen sisältämät ionit johdetaan massaspektrometriin, jossa ne erotellaan massa/varaus-suhteen (m/z) perusteella. Alkuaineiden pitoisuudet määritetään vertailuliusten avulla. ICP-MS on ICP-OES – tekniikka huomattavasti herkempi. Metallitulokset on esitetty liitteessä 2.

Veden lämpötila, pH, johtokyky, redox-potentiaali ja happimittaukset tehtiin vuodon alkuvaiheessa maastossa Kainuun Ely-keskuksen YSI-laitteistolla. Paikanpäällä tehdyt mittaustulokset ovat veden reaktiivisuudesta johtuen erityisesti happamuu- den osalta luotettavimpia.

Labtium Oy:n ja Nablabs Oy:n nikkelianalyysimenetelmää ei kuvata tässä raportissa. Nablabs käytti nikkelin osalta alikonsulttina Suomen ympäristöpalvelu Oy (testauslaboratorio T231). Käytössä ollut ICP-MS menetelmä vastaa SYKEN laboratorion analyysimenetelmää. Analyysituloksia hyödynnettiin mallinnuksessa siten, että Labtiumin tuloksia käytettiin aivan vuodon alussa, SYKEN laboratorion tuloksia 8.-22.11 ja Nablabsin tuloksia marraskuun puolivälistä kuun loppuun asti.

Talvivaara Oy:n tehdaslaboratorion metallianalytiikkaa (XRF-tekniikka) käytettiin vaikutusarvioissa soveltuvien osien (Liite 3). Laboratorion menetelmä ei ole akkreditoitu ja näytteenotosta vastaavat tehtaan vuoromestarit, jotka eivät ole saaneet koulutusta näytteenottoon. Tuloksia oli kuitenkin vuodon alkuvaiheessa useita kertoja päivässä ja myöhemminkin päivittäin, joten ne muodostavat hyvän havaintosarjan (Liite 3). Tulokset ovat vesistöistä riippuen pääosin luotettavia korkeissa yli 100 µg/l nikkelpitoisuuksissa, mutta alemmissa pitoisuuksissa hyvin epäluotettavia antaen huomattavasti korkeampia pitoisuuksia. Määrittämissä menetelmällä 30 µg/l (Ni).

### 7.3

## Vaikutukset pintavesiin

Päästön laajuutta ja vaikutuksia pohjoisen ja etelän suuntaan arvioitaessa on otettava huomioon ainakin neljä erottavaa seikkaa: metallien taustapitoisuudet ja vesien tila ennen vuotoa sekä hydrografia ja päästön suuruus.

Pohjoisen suunnalla on luontaisesti korkeammat metallien perustasot, koska alue on niin sanottua mustaliuskealuetta (kts. luku 5). Tämän vuoksi eliöt ovat Kolmisoppijärven alueella sopeutuneet korkeampiin metallipitoisuuksiin. Kaivosalueesta etelään perustasot ovat alhaisemmat, jolloin päästöveden vaikutukset voivat olla tämän vuoksi vakavampia. Toiseksi päästön eteneminen etelään (Kivijärveen) oli nopeaa, sillä vastaanottavana vesistönä oli pieni, vähäjärvinen Lumijoen valuma-alue (Kuva 12.). Kolmantena tekijänä oli itse päästön suuruus, joka oli noin kymmenkertainen etelän suuntaan.

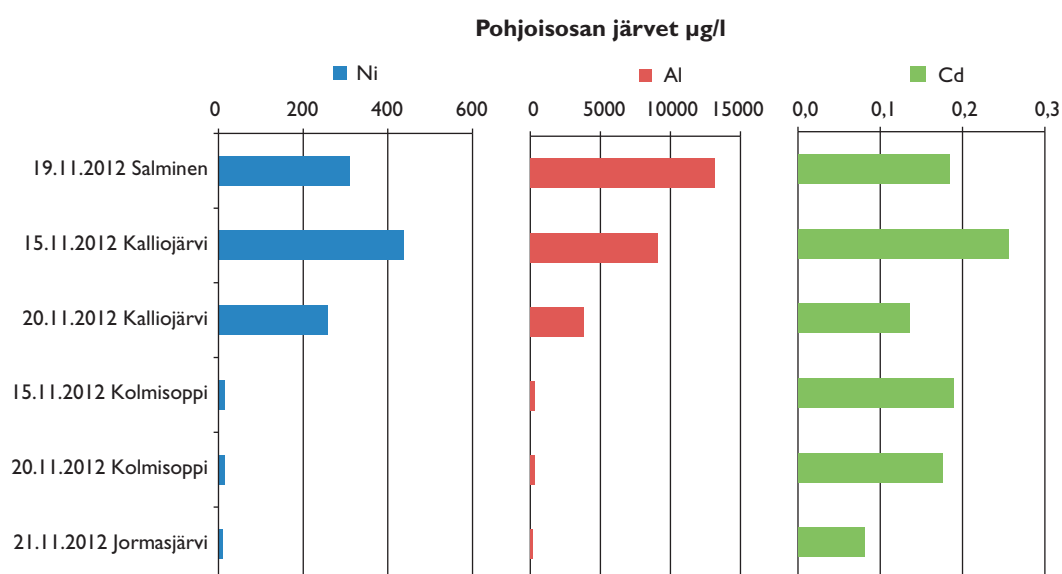
Metallipitoisuuksien muutosten arvioinnissa voidaan keskittyä lähinnä virtapaikkojen tarkasteluun, sillä järvien jäätyminen ajankohta ajoittui juuri vuototapahtuman ajalle, jolloin näytteitä saatiin järvistä pääosin tapahtuman jälkeen.

Ensimmäiset laajat monien metallien mittaustulokset SYKEN laboratoriosta saatiin 8.11.2012, jolloin pitoisuudet pohjoisen suunnan Salmisenpurossa olivat korkeimmillaan. Useiden metallien pitoisuustaso oli moninkertainen arvioituihin vaikutustasoihin nähden (Taulukko 4 ja 8, Liite 2).

**Taulukko 8.** Salmisenpuuron metallien liukoiset pitoisuudet ( $\mu\text{g/l}$ ) 8.11. ja 19.11. (kokonaisuudessaan liitteessä 2).

pvm	As	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	U	Zn	Al	Mn
8.11.2012	1	1,3	54	4,4	2600	1,5	240	580	110 000	180 000
19.11.2012	0,1	0,2	6,5	0,4	240	0,1	8,4	59	5 500	19 000

19.11.2012 mitatut haitallisten aineiden pitoisuudet olivat Salmisenpurossa pienentyneet kymmenesosaan korkeimmista pitoisuuksista. Kalliojärvessä pulssin eteneminen näkyi 15.11. ja edelleen 20.11. (Ni 250–600  $\mu\text{g/l}$ ) (Kuva 10, ”pohjoisosan järvet”) Kalliojärvessä nikkelin lisäksi kadmiumin, sinkin, alumiinin, raudan ja mangaanin pitoisuudet olivat vielä suuria. Kalliojärvestä pohjoiseen on vapautunut nikkeliä ja päästön vaikutukset ulottuvat aina Kolmisoppijärveen asti. Mittaustuloksissa ei ole kuitenkaan näkynyt viitteitä aineiden kulkeutumisesta eteenpäin Jormasjärveen, sillä Tuhkajoesta mitattiin 15. ja 17.11. nikkeliä 15  $\mu\text{g/l}$  ja Jormasjärvestä (syväne p3) 21.11. noin 11  $\mu\text{g/l}$ .



**Kuva 10.** Nikkelin, alumiinin ja kadmiumin pitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ) pohjoisen valuma-alueen järvissä 15.–21.11.2012 (keskiarvo eri syvyyksistä Kalliojärvessä ja Jormasjärvestä)

Päästön pitoisuuksien kehitys etelän suuntaan on näytteiden perusteella selkeämmin hahmotettavissa, sillä Lumijoesta on päivittäinen aikasarja 8.–20.11.2012 (poislukien 15. ja 18.11.).

Päästöpulssin aikana metallien pitoisuudet olivat korkeimmillaan 11.11.2012 ja olivat ainakin aikavälillä 10.–14.11. niin suuria, että niillä arvioitiin olevan välittömiä myrkyllisiä vaikutuksia eliöstölle (Kuva 11, taulukko 4 ja 9, sekä Liite 2). Kalojen kannalta alumiinipitoisuudet 10 000–45 000 µg/l ovat varmasti letaaleja eli tappavia. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos raportoi sekä pohjoisen että eteläisen valuma-alueen vesistä kuolleita kaloja, vaikka jääolot vaikeuttivat havaitsemista huomattavasti. Eliöihin vaikuttavat tasot ylittyivät selvimmin alumiinilla, nikkeliä ja sinkillä, mutta myös uraanilla ja kadmiumilla. Todennäköisesti suurilla mangaani- ja rautapitoisuuksilla on samanlaisia välittömiä vaikutuksia kuin alumiinilla. Lisäksi vesistöön on päässyt lyijyä, arseenia ja kuparia, mutta niiden pitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä, eivätkä aiheuta huolta näiden tulosten valossa.

**Taulukko 9.** Lumijoen metallien liukoiset pitoisuudet (µg/l) 8.11., 11.11. ja 20.11. (kokonaisuudessaan liitteessä 2).

pvm	As	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	U	Zn	Al	Mn
8.11.2012	0,3	0,04	0,7	1,5	12	0,3	0,4	9,9	280	900
11.11.2012	1,5	9	250	1,8	8 200	0,5	350	4 000	45 000	650 000
20.11.2012	0,2	0,2	5,6	2,8	130	0,3	3	60	640	15 000

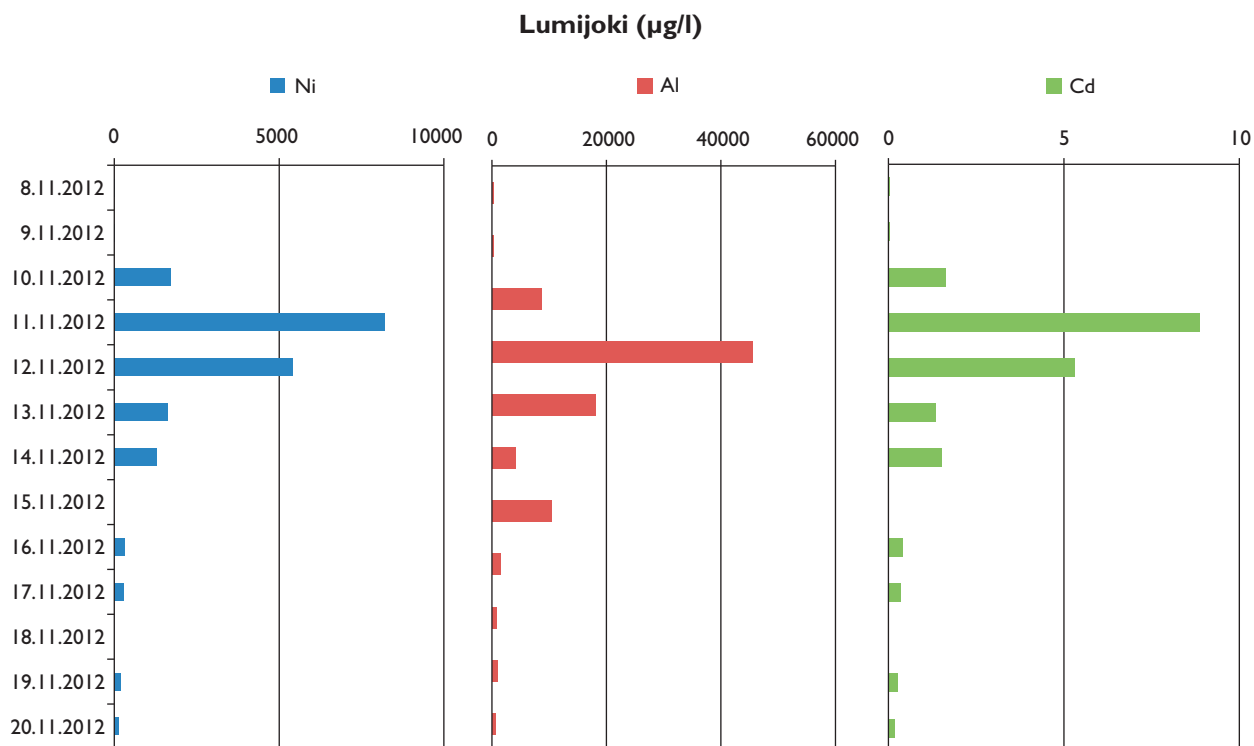
Lumijoesta mitatut pitoisuudet pienenevät 20.11.2012 mennessä noin viideskymmenesosaan 11.11.2012 mitatuista pitoisuuksista (Kuva 11). Ylä-Lumijärvessä pitoisuudet olivat kuitenkin edelleen suuria; nikkelin pitoisuus n. 400 µg/l eli samaa tasoa kuin pohjoisen Kalliojärvessä. Kivijärvessä haitallisten aineiden pitoisuudet olivat kasvaneet järven itäpään alusvedessä, jonne jätevesipäästö oli järvivettä tiheämpänä laskeutunut. 20.11.2012. tehdyt mittaukset eivät antaneet viitteitä aineiden kulkeutumisesta Laakajärveen asti.

Marraskuun lopussa haitta-ainepitoisuudet olivat pienentyneet lähijoissa edelleen, muttei läheskään vuotoa edeltävälle tasolle. Ilmeisesti osa puroihin ja soille kalkituksilla sidotusta aineksesta liukeni edelleen uomaan. Esimerkiksi nikkeliä oli Lumijoessa 20.11. vielä 130 µg/l, kun vuotoa ennen (8.-9.11.) taso oli noin 12 µg/l.

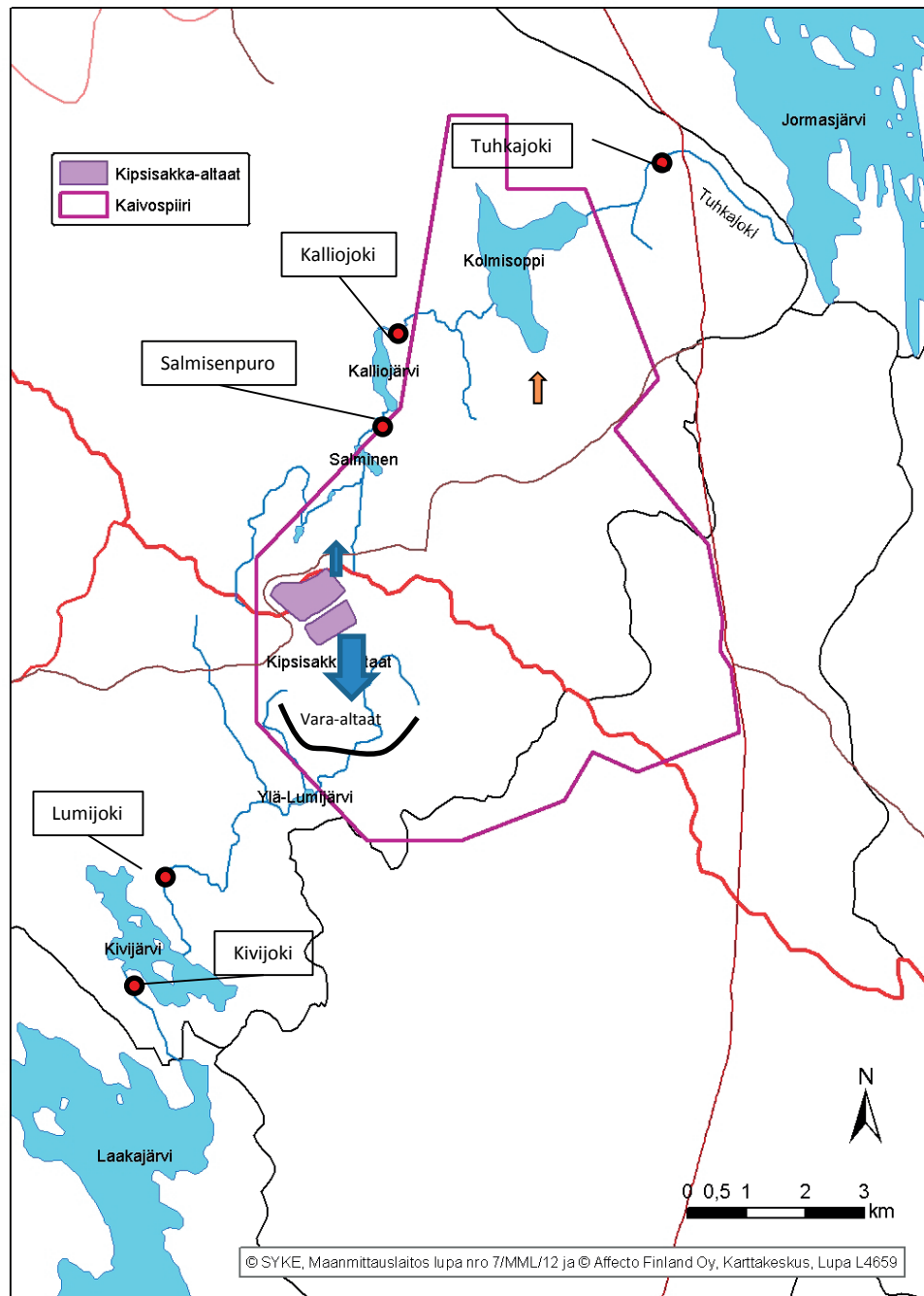
Kivijärvessä pitoisuudet ovat hyvin erilaisia järven eri osissa. Järven syvänteessä pitoisuudet ovat edelleen hyvin suuria, esimerkiksi nikkeliä 800–1900 µg/l ja kadmiumia 0,8–2,1 µg/l. Kivijärven pintakerroksissa pitoisuudet ovat puolestaan pysyneet kohtuullisen pieninä eli samalla tasolla kuin Lumijoessa ennen vuotoa (Ni 10–12 µg/l, Al n. 200 µg/l).

Aineet eivät toistaiseksi näytä kulkeutuneen merkittävästi eteenpäin. Laakajärven laskevassa Kivijoessa on havaittu samoja pitoisuuksia nikkeliä (n. 10 µg/l) kuin Kivijärven pintakerroksissa, joskin taso ennen vuotoa oli 4–7 µg/l. (Liite 2). Laakajärven syvänteessä (p13) pitoisuustaso on 3–8 µg/l.





**Kuva II.** Nikkelin, alumiinin ja kadmiumin pitoisuuden (µg/l) muutokset Lumijoen mittauspisteessä 8.-20.11.2012.



**Kuva 12.** Talvivaaran kaivosalue lähiympäristöineen. Näytteenottoaikat on merkitty punaisella ympyrällä. Siniset nuolet kuvaavat jäteveden virtaamisuuntia. Keltainen nuoli kuvaa kaivosalueen valuma-vesien vaikutusta (ei liity padon vuotamiseen).

## 8 Mallilaskelmat

### 8.1

#### Mallilaskelmat vuodon etenemisestä

Ainekulkeumia on mallinnettu SYKEN vesistömallijärjestelmällä (VEMALA). Kuormitusmalli huomioi sekoittumisen koko vesimäärään kuormituksen edetessä vesistöissä. Joen tilavuuden mukainen viipymä on otettu huomioon tuloksissa. Jatkuvien virtaamamittausten puute heikentää tulosten luotettavuutta vähäjärvisessä vesistössä, jossa sadannasta johtuen valunta vaihtelee merkittävästi päivittäin.

Lähtöoletuksena mallinnukselle pohjoisen suuntaan on 652 kg nikkelikuorma Salmiseen, joka perustuu seuraaviin tietoihin:

- Nikkelipitoisuus 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.

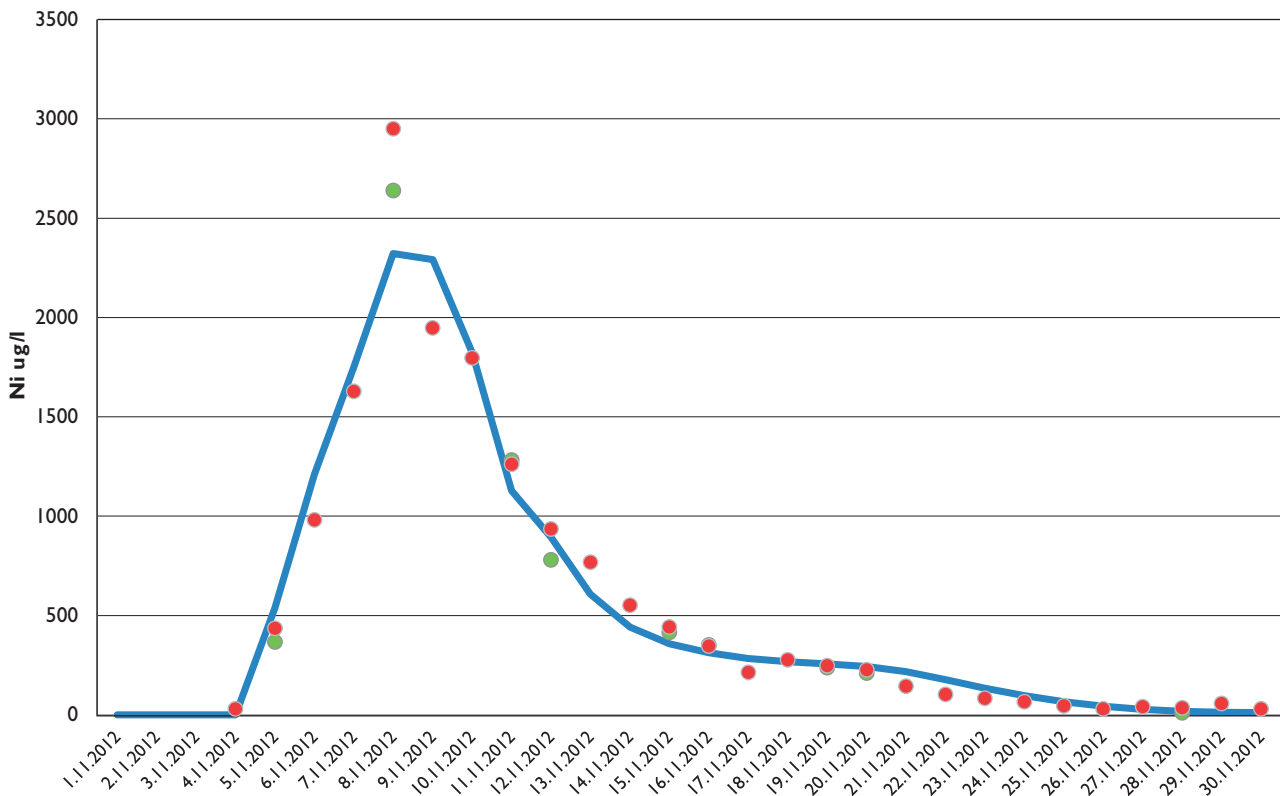
Vesistömallijärjestelmä käyttää oletuksena jatkuvan sekoituksen periaatetta, joten mallitarkastelua varten on esitetty oletuksena että osa haitta-aineesta sedimentoituu tai jää järven alusveteen. Sedimentoitumis- ja vapautumiskerrointa muuttamalla sekä alusveden määrän perusteella saadaan mallitulokset vastaamaan hyvin havaittuja pitoisuuksia. Suurimman epävarmuuden aiheuttaa virtaama- ja vedenkorkeustietojen puutteellisuus. Ainoastaan Kivijoessa on jatkuvatoiminen mittausasema, mutta sen yläpuoliset tiedot perustuvat vain muutamiin onnettomuustilanteen aikana tehtyihin hajanaisiin mittauksiin. Kivijoen mittausaseman tulokset olivat käytössä vain päiväärvoina.

Salmisenpuron (Salmisen järven alapuolella) mittauspisteellä mallitulokset vastasivat hyvin mitattuja pitoisuuksia (Kuva 13). Metallipäästön pidättämiseksi yläpuolista aluetta on kalkittu voimakkaasti, joten mallinnettuja ja mitattuja tuloksia ei saada täysin täsmäämään. Talvivaara Oy:n oma analytiikka antaa korkeissa pitoisuuksissa hyvin samansuuntaisia pitoisuuksia akkreditoituun laboratorioon verrattuna.

Nikkeliä on kulkeutunut mallilaskelman perusteella Salmisenpuron mittauspisteen ohi noin 380 kg marraskuun loppuun mennessä. Osa tästä kuormasta on todennäköisesti sedimentoitunut Salmisenpuroon ennen Kalliojärveä ja vain osa kulkeutunut Kalliojärveen saakka. Kalliojärvi on voimakkaasti ja pysyvästi kerrostunut aiemman suolaantumisen vuoksi, joten mallilaskelmassa järven luusuan pisteessä on jonkin verran epävarmuutta (Kuva 14.). Talvivaara Oy:n analytiikka antaa huomattavasti korkeampia pitoisuuksia, joten malli on sovitettu akkreditoidun laboratorion mittaustuloksiin.

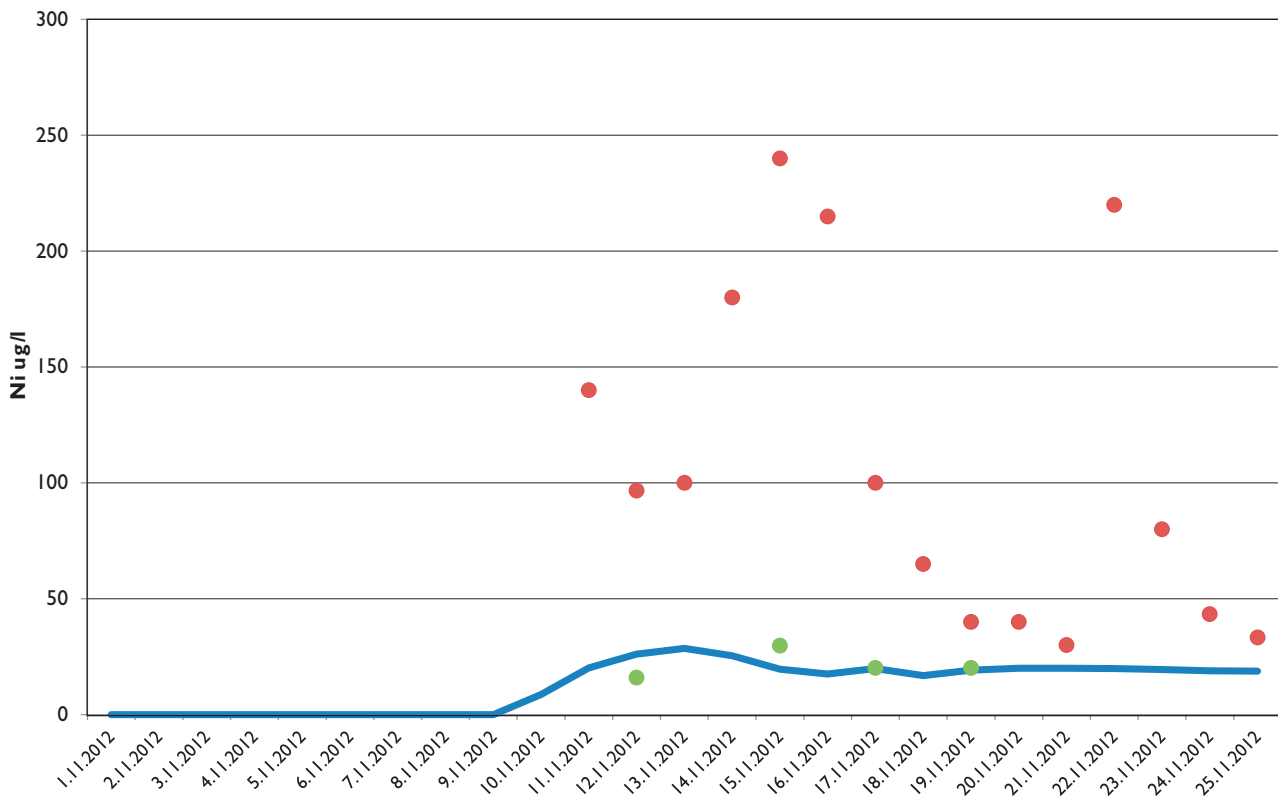
Kalliojärvestä lähtenyt nikkeli-kuormitus oli marraskuun loppuun mennessä noin 15–20 kg. Kolmisoppijärveen on aiemmin tullut suoraan kaivosalueelta rakentamisen yhteydessä nikkeli- ja kuparipitoisia valumavesiä, joten mallinnettujen pitoisuuksien ja mittausten välillä on huomattavia eroja (Kuva 15). Mallinnettu pitoisuus kuvaa siis onnettomuuden päästöjä Salmisen-Kalliojärven kautta Kolmisoppien. Lisäksi Kuusilammen vesiä alettiin juoksuttaa (500 m<sup>3</sup>/h) 16.11. Härköpuron ja Kalliojoen

### Salmisenpuro

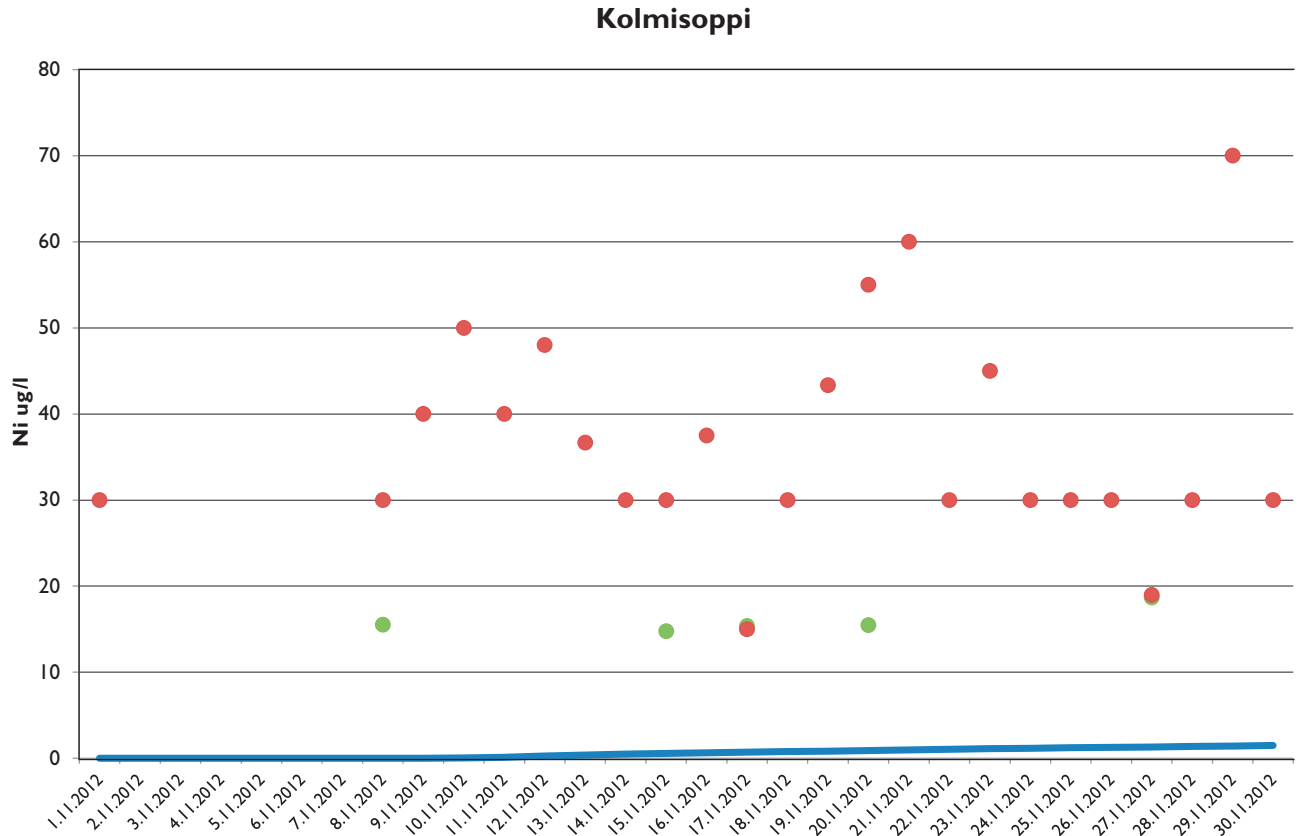


**Kuva 13.** Salmisenpuron mallinnetut (sininen viiva) ja mitatut (punainen pallo, Talvivaara Oy, vihreä pallo akreditoitu laboratorio) nikkelipitoisuudet.

### Kalliojärvi lähtevä



**Kuva 14.** Kalliojärvestä lähtevän veden mallinnetut (sininen viiva) ja mitatut (punainen pallo, Talvivaara Oy, vihreä pallo akreditoitu laboratorio) nikkelipitoisuudet



**Kuva 15.** Kolmisoppijärvestä lähtevän veden mallinnetut (sininen viiva) ja mitatut (punainen pallo, Talvivaara Oy, vihreä pallo akkreditoitu laboratorio) nikkelpitoisuudet.

kautta Kolmisoppeen, joka omalta osaltaan voi nostaa hieman pitoisuuksia. Myös tässä kohteessa Talvivaara Oy:n oman laboratorion tulokset ovat moninkertaisia akkreditoituun laboratorioon verrattuna.

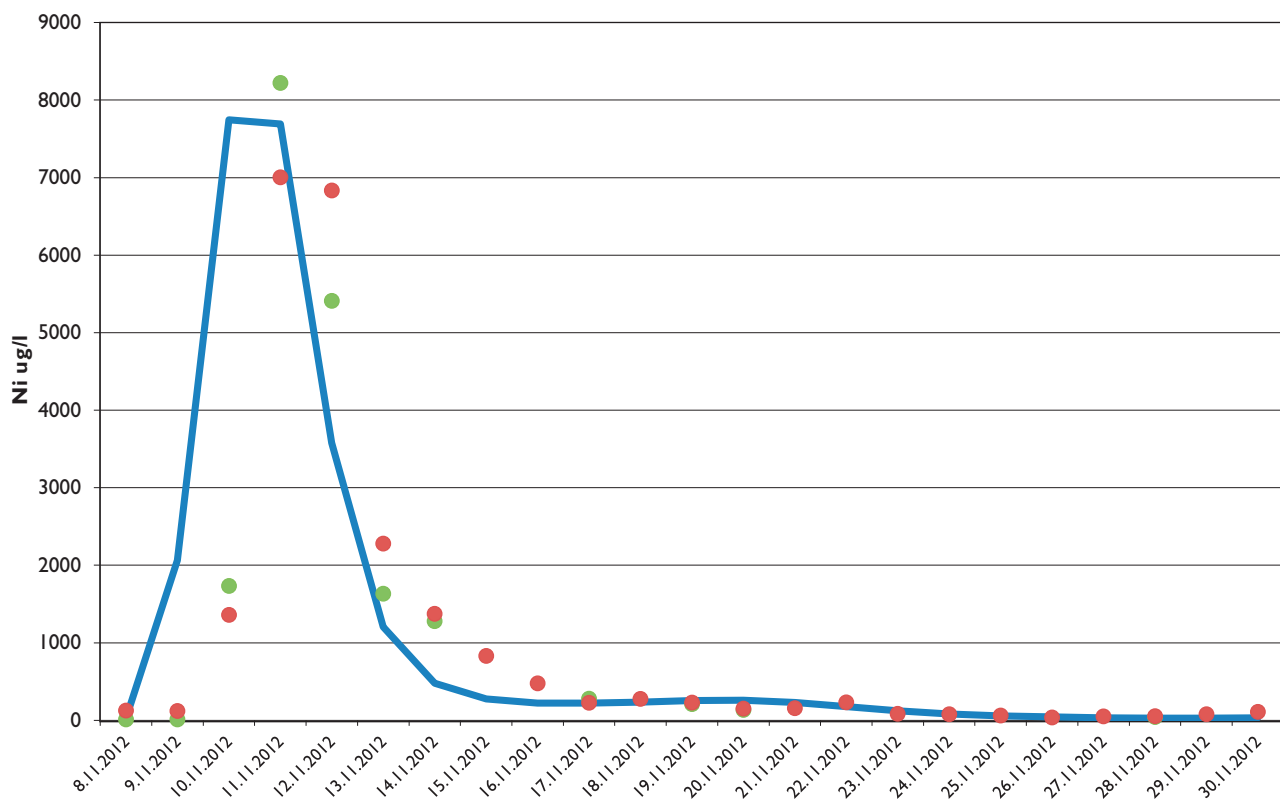
Lähtöoletuksena mallinnukselle etelän suuntaan ovat seuraavat Kainuun ELY-keskuksen ilmoittamat vuotovesien juoksumäärä- ja pitoisuustiedot (Myllyoja 11.11.2012)

- 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

Laskennallisen 1904 kg nikkeli-kuorman mallinnukseen liittyy epävarmuuksia, koska valuma-alueella on kalkittu voimakkaasti ja todennäköisesti metalleja on sitoutunut suuria määriä suoalueille. Ylä-Lumijärvi on matala, joten siinä pidäytyminen on vähäistä. Osa aineksista on kuitenkin pidähtynyt sivu-uomassa olevaan Lumijärveen, joka on myös voimakkaasti kerrostunut. Vesimäärän mittausta perustuu vesistömallin antamiin tietoihin ja vain hetkittäisiä virtaamamittauksia on tehty maastossa. Lumijoen sillan mallitulokset vastaavat erittäin hyvin mitattuja pitoisuuksia (Kuva 16.). Marraskuun loppuun mennessä on nikkeliä kulkeutunut jo liki 1 900 kg päätyen pääosin Kivijärveen. Mallinnetun kuormituksen suuruus antaa viitteen, että metalleja on vapautunut aiempaa arviota enemmän.

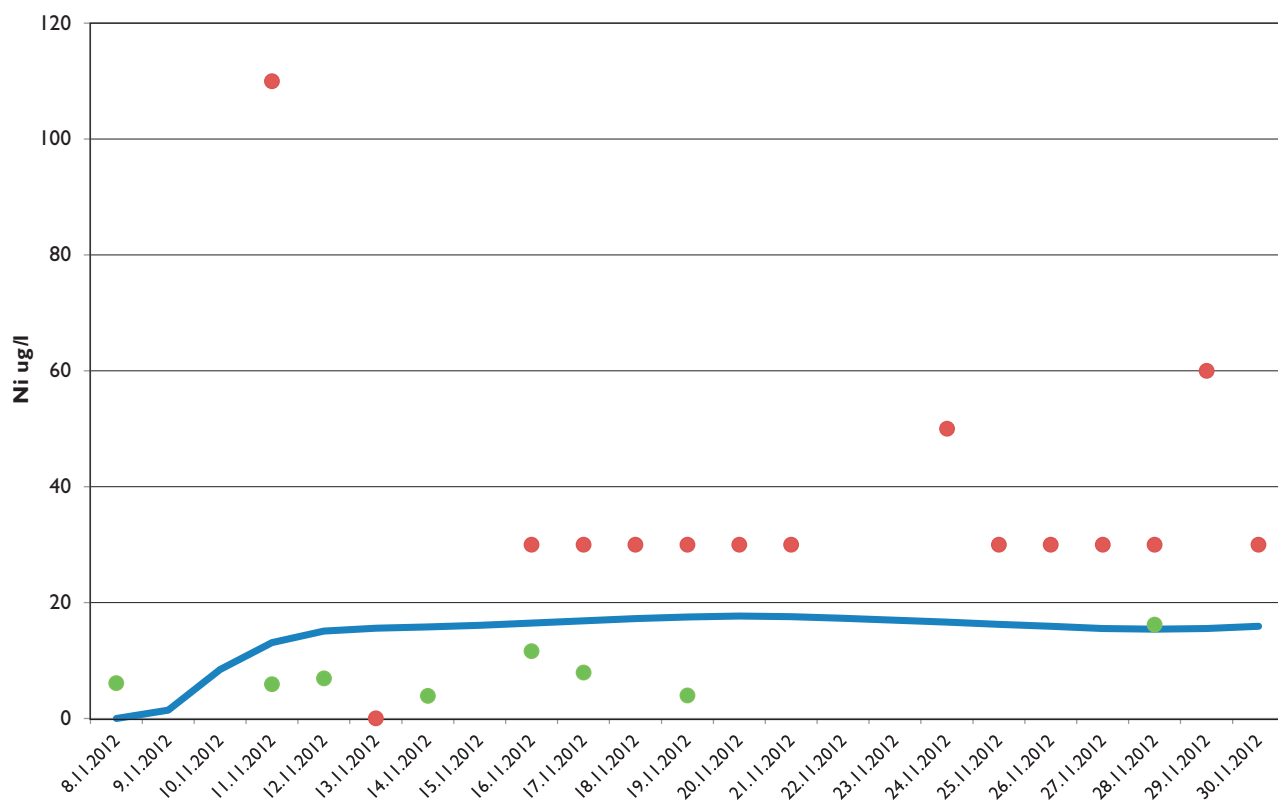
Kivijärvi on voimakkaasti kerrostunut aiemman suolaantumisen takia ja raskaampi jätevesipäästö näyttää vajonneen alusveteen. Mallinnuksen perusteella jonkin verran vedenvaihtoa kuitenkin tapahtuu päällysveden ja alusveden välillä, koska pitoisuudet Kivijärvessä olivat lievästi nousseet (Kuva 17). Myös tässä kohteessa Talvivaara Oy:n analytiikka ei anna luotettavia tuloksia pienten pitoisuuksien takia ja mallinnus perustuu akkreditoitujen laboratorion tuloksiin.

### Lumijoki-silta



**Kuva 16.** Ylä-Lumijärvestä lähtevän (Lumijoen silta) veden mallinnetut (sininen viiva) ja mitatut (punainen pallo, Talvivaara Oy, vihreä pallo akreditoitu laboratorio) nikkelpitoisuudet.

### Kivijärvi lähtevä



**Kuva 17.** Kivijärvestä lähtevän veden mallinnetut (sininen viiva) ja mitatut (punainen pallo, Talvivaara Oy, vihreä pallo akreditoitu laboratorio) nikkelpitoisuudet.

Mallilaskelmien mukaan Laakajärveen on kulkeutunut marraskuun loppuun mennessä vajaa 40 kg nikkeliä, mikä voi nostaa pohjoisosan pitoisuuksia 2–3 µg/l.

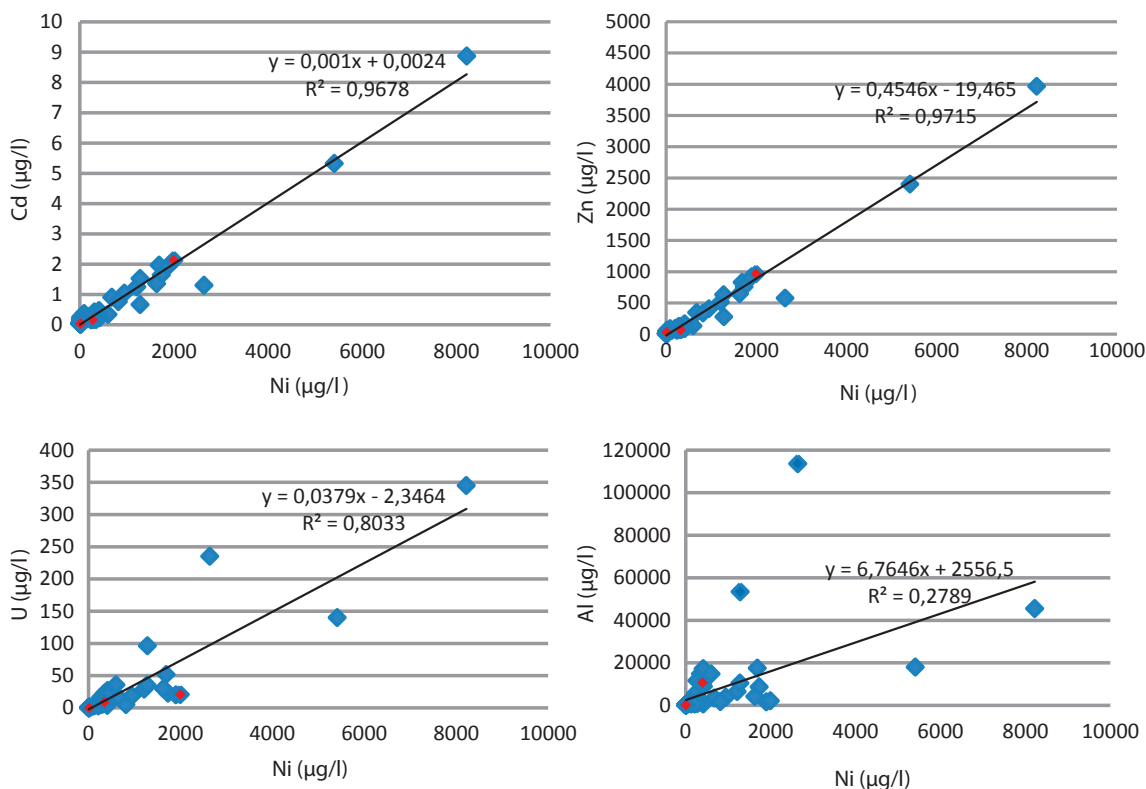
8.2

## Metallien keskinäisten suhteiden hyödyntäminen mallinnuksessa

Metallien kokonaiskuormaa, kulkeutumista ja jopa pitoisuuksia voidaan jossakin määrin arvioida myös kaikkien käytettävissä olevien nikkelitulosten avulla. Tämä selittyy sillä, että useiden tässä aineistossa (56 havaintoa, liite 2) käsiteltyjen metallien pitoisuudella on erittäin voimakas korrelaatio nikkelpitoisuuteen. Esimerkiksi regressioyhtälön selitysaste ( $R^2$ ) seuraaville metalleille on yli 0,96: Zn, Cd, Co, Fe, Mn. Sen sijaan korrelaatio lyijyyn ja kupariin on heikko, eikä alumiinia voi arvioida luotettavasti nikkelin avulla (Taulukko 10, kuva 18). Muodostetuilla regressioyhtälöillä voi arvioida eräiden metallien kuormaa tai pitoisuutta, kun Taulukon 11 yhtälöön sijoittaa nikkelin määrän (kg) tai pitoisuuden (µg/l).

**Taulukko 10.** Muiden aineiden yhteys nikkeliin SYKE:n laboratorion analyseissä (n=56, liite 2)

	Zn	Cd	Co	Fe	Mn	Mg	As	U
$R^2$	0,97	0,97	0,98	0,98	0,97	0,95	0,84	0,80
	S	Ca	K	Na	Al	Cr	Pb	Cu
$R^2$	0,76	0,60	0,55	0,32	0,28	0,15	0,04	0,0004



**Kuva 18.** Kadmiumin, sinkin, uraanin ja alumiinin pitoisuus nikkelin funktiona (SYKE ICP-MS aineisto, suodatetut näytteet, n=56). Punaisella merkityt ovat järvisyvänteiden näytteitä, joissa metallien pitoisuussuhteiden oletetaan pyrkivän tasapainoon.

**Taulukko II.** Regressioyhtälöt eräiden metallien arvioimiseksi nikkelin määrän tai pitoisuuden avulla.

	syötä Ni (x)	ko. metallin kuorma tai pitoisuus (y)	kaava	R <sup>2</sup>
Cd	100	0,1	$y=0,001x+0,0024$	0,97
Zn	100	26	$y=0,4546x-19,465$	0,97
U	100	1,4	$y=0,0379x-2,3464$	0,80
Co	100	3,7	$y=0,0295x+0,749$	0,98
As	100	0,2	$y=0,0002x+0,1966$	0,84
Mn	100	13800	$y=84,315x+5367$	0,97
Fe	100	9800	$y=71,63x+2625,5$	0,98



## 9 Vaikutukset vesiympäristöön

Talvivaaran kipsisakka-altaan vuodon aiheuttama jätevesipäästö oli vakava ja tilanne on lähivesistöissä ongelmallinen (Kuva 19). Eteläisiin lähivesiin on joutunut onnettomuuden seurauksena moninkertaiset määrät eliöille haitallisia aineita Talvivaaran kaivoksen vuosittaiseen kuormituksen verrattuna. Pohjoiseen Oulujoen vesistön latvaosaan on joutunut huomattavasti pienempi määrä jätevettä.

Luonnossa metallien myrkyllisyydessä on yleensä kyse niiden yhteisvaikutuksista, vaikka yksittäisen metallin pitoisuus ei olisi kasvanut kuolleisuutta aiheuttavaksi. Eri metallit voivat joko suoraan lisätä toistensa myrkyvaikutuksia, tai yhdessä aiheuttaa suuremman häiriön eliöiden tasapainotilaan. Jotkut metallit taas vähentävät toistensa myrkyllisyyttä esimerkiksi kilpaillessaan samoista sitoutumispaikoista tai kulkeutumisreiteistä eliössä, mutta happamassa ympäristössä oleellista on tärkeimpien vaikuttavien metallien myrkyllisyyden pH-riippuvuus.

Kalojen ja muiden eliöiden kannalta oleellisia ovat ääri-ilmiöt eli happamuuden ja metallipitoisuuksien maksimiarvot, kuten pienin pH-arvo ja metallin suurin pitoisuus; sekä niiden nopeat muutokset. Eliöihin vaikuttavan pitoisuustason ylittivät selvimmän alumiini, nikkeli ja sinkki, mutta myös uraani ja kadmium. Todennäköisesti vaikutusta oli myös mangaani- ja rautapitoisuudella.

On selvää, että luontoon päässeitä haitallisia aineita ei saada täysin poistettua. Alueen vesieliöstölle koituvat seuraukset selviävät kuitenkin aikaisintaan vasta ensi kesän kasvukaudella, ja esimerkiksi kalapopulaatioiden tasolla ehkä vasta myöhemmin. Tähän vaikuttaa toisaalta eliöiden lisääntymisen onnistuminen ja toisaalta koko ravintoketjun mahdollinen häiriintyminen, joka on nähtävissä vasta pidemmällä aikavälillä.

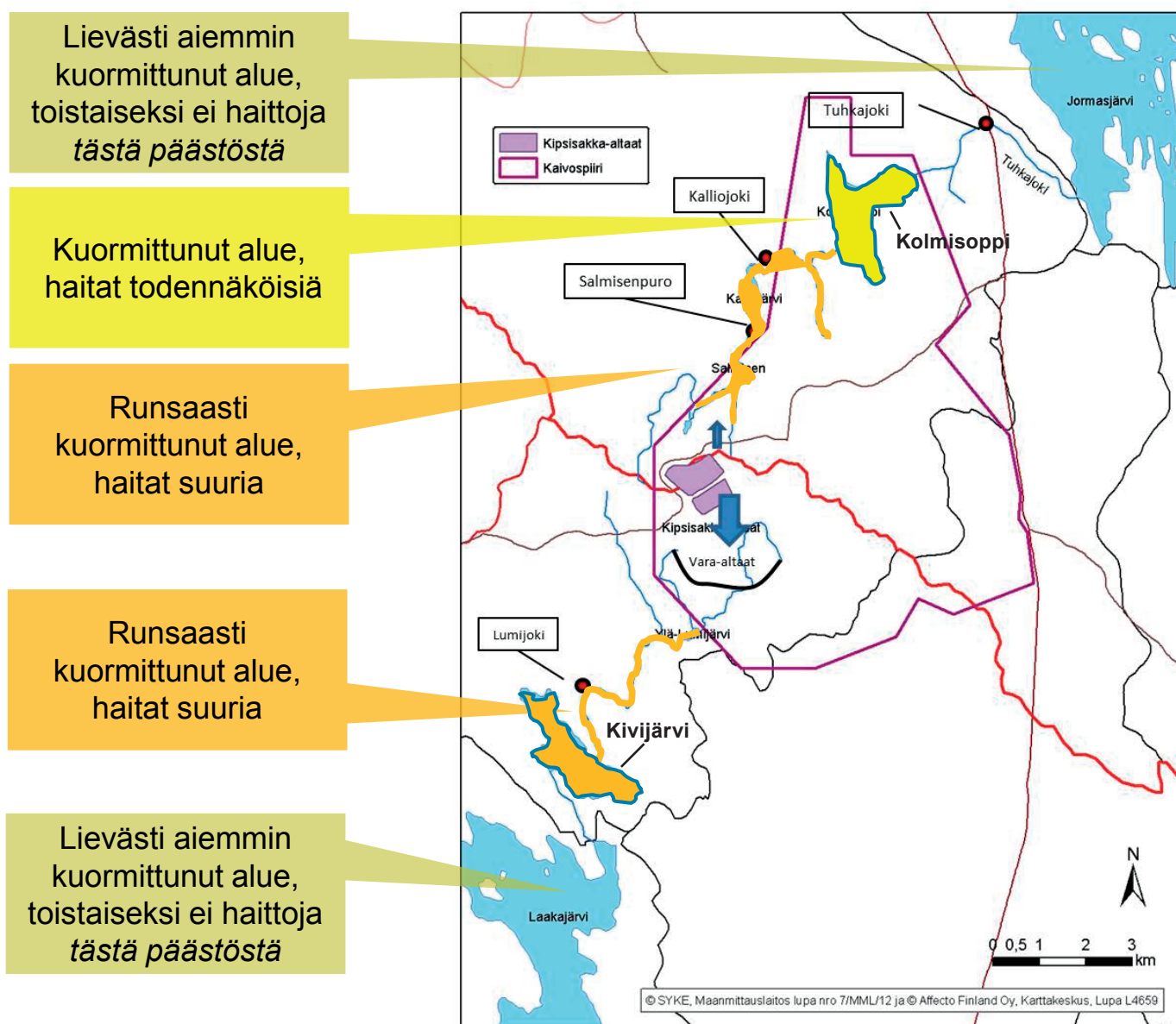
Eteläinen Kivijärvi ja pohjoinen Kalliojärvi ovat hyvin erilaiset ominaispiirteiltään ja siten ne ovat reagoineet jätevesipäästöihin eri tavoin. Etelän suunnalla Kivijärvessä jätevesipäästö on kulkeutunut järven alusveteen ja jäänyt toistaiseksi pääosin paikoilleen. Tästä syystä pitoisuudet ovat paikallisesti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

Tällä hetkellä ei voida tarkkaan arvioida, mitä haitta-aineille tapahtuu Kivijärvessä. Kivijärvestä lähtevä Kivijoki sijaitsee aivan kontaminoituneiden eli haitta-aineiden kuormituksen vastaanottaneiden syvänteiden lähellä, joten riski aineiden kulkeutumiselle on edelleen suuri. Paljon riippuu siitä, missä määrin kevät- tai syyskierron toteutuvat Kivijärvessä, jonka suolaantunut alusvesi on toistaiseksi estänyt veden kierron. Marraskuun aikana mittauksissa ei ollut viitteitä haitta-aineiden merkittävästä kulkeutumisesta Laakajärveen.

Kolmisopessa tämän päästön aiheuttamia muutoksia ei voida vielä luotettavasti arvioida marraskuun lopussa kahdesta eri syystä. Järveen on toisaalta valunut mustaliuskealueen metallipitoisia vesiä jo aiemmin eikä järven ulappa-alueelta ollut

kelirikon vuoksi veden laadun mittauksia. Tuhkajoen veden pitoisuusmittausten perusteella Jormasjärveen ei ole kulkeutunut merkittävästi lisää metalleja.

Kaivosalueella eikä sen läheisyydessä ole vedenhankinnan kannalta luokiteltuja pohjavesialueita ja päästöillä ei ole vaikutusta vesihuoltolaitosten toimintaan. Kaivospiirissä ja sen lähialueella ei ole tutkittu pinta- ja pohjaveden vuorovaikutusta eikä myöskään alueelle tulkittujen ruhjeiden vedenjohtavuusominaisuuksia. Lisäksi välivarastoaltaat ovat maapohjaisia ja pitkällä aikavälillä niiden vaikutusalueella on riski, että haitalliset aineet kulkeutuvat pohjaveteen. Tämän vuoksi on tärkeää, että altaat ovat väliaikaisia, altaiden jätevedet puhdistetaan mahdollisimman nopeasti ja kaivospiirin alueella selvitetään riskit likaantuneen pohjaveden kulkeutumisesta kaivospiirin ulkopuolelle.



**Kuva 19.** Arvio jätevesipäästön vaikutuksista pintavesissä.

## 10 Ehdotuksia lisäselvityksiä ja seurantaan varten

Fysikaaliset, kemialliset ja biologiset seurannat 2013 kevään, kesän ja syksyn aikana antavat tarkempaa tietoa ympäristön kuormituksesta ja eliöstön vasteista kipsisakka-altaan vuodon aiheuttamiin muutoksiin. Eliöstön osalta tuloksia voidaan verrata esimerkiksi happamien sulfidimaiden seurantakokemuksiin (Sutela ym. 2012).

Vesinäytteenottoja olisi tihennettävä Kivijoella ja Tuhkajoella, sillä nämä toimivat kipsisakka-altaan vuodon leviämisen indikaattoreina. Todennäköisesti tilanne ei talven aikana muutu oleellisesti Ylä-Lumijärvellä, Lumijärvellä ja Kalliojärvellä. Sen sijaan Kolmisoppi ja Kivijärvi toimivat päästökuormituksen ns. ”portinvartijoina”, joiden tilan kehitystä pitää arvioida sekä mittaamalla että mallintamalla:

Mittauksissa huomioitava:

- pilaantuneen veden tilavuus ja tiheys (mm. YSI-kenttämittaukset 0,5 m välein)
- linjamittauksilla varsinaisten näytepisteiden ulkopuolella
- saostuminen ja liukeneminen (1 m välein metalliprofiili vesipatsaasta)

Mallinnuksessa huomioitava:

- mitä tapahtuu kevään sulamisvesien aikana ja veden lämpenemisen johdosta

Metallianalyysien kirjo on kattava, mutta on huolehdittava, että ICP-MS määrittelykset tehdään kaikista niistä metalleista joille ICP-OES ei ole riittävän herkkä. Lisäksi elohopea on mitattava ainakin kerran kullakin paikalla atomifluoresenssilla, sillä ICP-MS ei riitä tasoon 30 % laatunormista (50 ng/l) eli 15 ng/l (VNA 1022/2006).

Talven 2013 aikana olisi ensiarvoisen tärkeätä arvioida, mitä tapahtuu Kivijärven alusvedessä oleville metalleille. On todennäköistä, että vain osa päästöpulssista sedimentoituu tämän talven aikana, jolloin oleellista on ymmärtää mitä alusvedessä tiheämpänä tällä hetkellä sijaitsevalle metallipitoiselle liuokselle tapahtuu keväällä. Kuinka suuri osa siitä voi kulkeutua eteenpäin vesistöissä ja kohottaako se pitoisuutta Laakajärvestä? Vastaava tarkastelu tulee tehdä Kolmisopen-Jormasjärven osalta pohjoisessa.

Kipsisakka-altaan vuodon vaikutuksista pohjaveteen (kuvat 3, 7-9 ja liite 1) ei pystytä nykytiedon mukaan arvioimaan kattavasti, koska kaivospiirin alueelta ei ole käytössä riittävästi pohjavesien tutkimustietoa eikä tietoa pinta- ja pohjavesien hydraulisista yhteyksistä. Vielä ei myöskään pystytä arvioimaan, varastoituuiko päästöjen vesiä kaivospiirin alueella ruhjeisiin, vai kulkeutuuko ruhjeista pilaantunutta vettä kaivospiirin ulkopuolelle. Siitä, onko joulukuuhun 2012 mennessä havaittu pohjaveden laadun vaihtelu ja pitoisuuksien nousevat trendit (P1, P7, P8 ja P9) luontaista vai bioliuotusalueiden tai kipsisakka-altaan vuodon aiheuttamaa, saadaan varmuus vasta laajennettaessa ja jatkettaessa pohjaveden laadun seurantaan sekä veden virtausnopeuden ja -reittien selvittämistä.

Likaantuneen pohjaveden leviämisen riskinarviointi ja likaantumisen leviämisen estävät jatkotoimet edellyttävät lisäselvityksiä. Pinta- ja pohjavesien vuorovaikutuksen ja alueen vesien likaantumisen määrittämiseksi tarvitaan

1. Yhtenäinen tulkinta kaivospiirin alueen kallion topografiasta.
2. Tietoa kaivospiirin alueen tulkittujen ruhjeiden (Kuva 3) välisestä mahdollisesta hydraulisesta yhteydestä, ruhjeissa esiintyvistä pohjaveden määrästä, veden virtausnopeuksista sekä vedenpinnantasosta ja -virtaussuunnista. Ruhjeiden ominaisuuksien selvittämiseksi suositellaan mm. geofysikaalisista mittauksista erityisesti väliaineen sähkönjohtavuusominaisuuksiin perustuvia menetelmiä. Tunnistettujen kriittisten ruhjeiden alueella suositellaan uusintamittauksia vuoden päästä kipsisakka-altaan vuodosta.
3. Koordinaatit myös viikon 47/2012 jälkeen asennettujen pohjavesiputkien sijainnista ja putkikortit.
4. Samalta pohjaveden laadun tarkkailun ajanjaksolta vedenpinnat sidottuna korkeusjärjestelmään ja vedenlaatutiedot kaikista alueen havaintopaikoista sekä pohjaveden virtaussuunnista ja -nopeudesta. Veden laadun seurannassa tulisi vesinäytteenoton lisäksi myös hyödyntää pohjavesiputkiin asennettavia jatkuvatoimisia vedenlaadun (vähintään sähkönjohtavuus, happipitoisuus, lämpötila ja pH) mitta-antureita.
5. Pinta- ja pohjaveden hydraulisen yhteyden selvittämiseksi tarvitaan virtaamamittauksia pintaveden (purot ja joet) ja ruhjeiden mahdollisista leikkauskohdista. Pinta- ja pohjaveden hydraulinen yhteys on tarpeen tutkia erityisesti pintaveden virtausreiteiltä Torvelansuolta NE-SW -suunnassa Kivijärven sekä (eteläiseltä) Kuusilammelta SE-NW -suunnassa Kalliojärven ja Kolmisopen suuntaan (kuva 3).
6. Kaivospiirin lähialueiden kaivojen veden laatua tulee myös jatkossa seurata.

## 11 Yhteenveto

Talvivaarassa on käytössä bioliuotusprosessi, jollaisesta on vähän käyttökokemusta nikkelin rikastuksessa pohjoisissa olosuhteissa. Tämän vuoksi kaivoksen aiheuttamien ympäristövaikutusten arviointi on vaikeaa jo normaalitilanteessa, puhumattakaan kipsisakka-altaan vuodon kaltaisissa häiriötilanteissa. Esimerkkinä tästä voidaan mainita jätevesien suuret alumiinipitoisuudet yhdistettyinä toisaalta happamuuden nopeisiin muutoksiin, joita aiheuttavat sekä jätevesipäästö että kalkitseminen ja toisaalta lähijärvien suuresti muuttuneisiin kerrostuneisuusoloihin.

Kipsisakka-altaan vuodon seurauksena Talvivaaran kaivosalueen ulkopuolelle purkautui huomattavasti jätevettä. Eteläisiin lähivesiin purkautui noin 200 000 m<sup>3</sup> jätevettä ja pohjoiseen, Oulujoen vesistön latvaosaan, noin 20 000 m<sup>3</sup>. Ympäristöön joutui kaivoksen tavanomaiseen kuormitukseen verrattuna moninkertainen määrä haitallisia aineita.

Suurimmat riskit aiheutuvat todennäköisesti eri aineiden 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 maksimi-arvot sekä niiden nopeat muutokset. Eliöihin vaikuttavan pitoisuustason ylittivät selvimmän alumiini, nikkeli ja sinkki, mutta myös uraani ja kadmium. Jos veden pH laskee tasolle 4-5, alumiini voi aiheuttaa sakkaumia kalojen kiduksiin, mikä voi johtaa kalakuolemiin.

Sulfaatin, natriumin ja mangaanin vesistövaikutuksista tulisi saada tarkempaa tietoa. Sulfaatti ja natrium aiheuttavat suolaantumista, ja sitä kautta voimistavat järven veden kerrostuneisuutta niin, että alusveden hapettuminen syys- ja kevätkiertojen estymisen vuoksi käy mahdottomaksi. Varsinkin sulfaatilla on myös suurempia ekologisia vaikutuksia, joita kuitenkin tunnetaan heikosti. Vesistön eliöstö muuttuu yleisesti ottaen murtovesivaikutteiseksi.

Kaivospiirin ja sen lähiympäristön pinta- ja pohjaveden hydraulinen yhteys tulee selvittää nykyistä tarkemmin ja kaivospiirin lähialueiden kaivojen veden laatua tulee seurata.

Luontoon päässeitä haitallisia aineita ei saada täysin poistettua. Alueen vesistöille koituvat seuraukset selviävät aikaisintaan avovesikaudella 2013, ja esimerkiksi kalojen osalta ehkä vasta myöhemmin. Talven 2013 aikana tulisi arvioida, mitä tapahtuu Kivijärven alusvedessä oleville metalleille. Oleellista olisi tietää, kuinka suuri osa niistä voi kulkeutua eteenpäin vesistössä. Vastaava tarkastelu tulee tehdä Kolmisopen osalta pohjoisessa.

## 12 Ehdotuksia kaivosten ympäristövaikutusten tutkimus- ja kehittämistoimintaan

Tähän lukuun on koottu lyhyesti ajatuksia kaivostoiminnan ympäristövaikutusten arviointia tukevista tutkimus- ja kehitystoiminnoista Suomessa, kohdentamatta tarkastelua erityisesti Talvivaaran kipsisakka-altaan vuoto-onnettomuuteen.

- Kaivosten ympäristövaikutuksia pitäisi tarkastella kokonaisvaltaisesti. Kehitystarvetta on nähtävissä kaivosteollisuuden ympäristötiedon tuottamisessa. Esimerkiksi seurantojen yhtenäistämässä ja tietojen sujuvammassa viemisessä tietojärjestelmiin on parannettavaa. Lisäksi tulisi varmistaa, että seuranta ulottuu koko kaivoksen elinkaaren ajalle.
- Taustapitoisuuksia ja niiden alueellisia eroja tulisi määrittää vesissä, sedimenteissä ja eliöissä (erityisesti kalat) sekä kehitettävä analytiikkaa automaattisten mittauslaitteiden ja passiivikeräimien osalta.
- Vaikutusten arvioinnin matemaattista mallintamista tulisi kehittää, jotta soveltuva ohjelma olisi käytettävissä nopeasti yllättävissä onnettomuustilanteissa. Vesistöjen tilavuus ja uomatiedot tulisivat olla riittävän tarkkoja.
- Ympäristölupiin pitäisi sisällyttää jatkuvatoiminen virtaamien ja perus vedenlaatumuuttujien (esim. pH, johtokyky) mittaus. Niillä saataisiin nopeasti tietoa mm. alkavista vuodoista.
- Erityisen tärkeää olisi uuden tutkimustiedon tuottaminen metallien ja kemikaalien vaikutuksista yksittäin ja yhdessä, sillä yhteisvaikutus voi olla ympäristölle haitallisinta.
- Kaivosten materiaalivirroista niin kaivannaisten kuin kemikaalienkin osalta olisi tuotettava tietoa riskinarviointia varten.
- Ympäristövaikutusten arvioinneissa (YVA) tulisi huomioida luontoympäristö, pohjavedenjakajat pohjavesialueilla, ruhjeet, vedenkulkeutuminen ja pohjavesi-pintavesi -vuorovaikutus. Huolellisella ympäristövaikutusten arvioinnilla voidaan merkittävästi vaikuttaa riskinarviointiin eri toimintojen kohdalla.
- Kaivostoiminnan liiketoiminnan kannattavuuteen on kiinnitettävä huomiota, sillä se asettaa mahdollisuuden myös kaivostoiminnan aiheuttamien ympäristövaikutusten minimoimiseen ja haittojen korvaamiseen. Siksi ympäristölupaa myönnettäessä kaivosyrityksen pitäisi pystyä esittämään kannattavuuslaskelma standardoituja menetelmiä käyttäen (bankable feasibility study, NI 43–101 tai Definitive Feasibility Study, JORC). Tähän ei nykyinen lainsäädäntömme kuitenkaan anna mahdollisuutta.
- Tärkeinä tutkimuskohteina nähdään myös monitavoitearviointi, kaivos- ja jätealaiden rakenteiden laatu, patoturvallisuus, patorakenteet ja riskinarviointi kokonaisuudessaan.

## LÄHTEET

- Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Arsenic. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. 2011. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Uranium. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. <http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe>
- Davies, T. D. 2007. Sulphate toxicity to the aquatic moss, *Fontinalis antipyretica*. *Chemosphere* 66: 444-451.
- Driscoll, C. T. & Postek, K. M. 1996. The chemistry of aluminum in surface waters. Teoksessa: Sposito, G. (toim.), *The environmental chemistry of aluminum*. CRC Press, Inc. Boca Raton, New York. s. 363-417.
- Ekhholm, M., 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – Sarja A 126. Helsinki: Vesi ja Ympäristöhallitus, 1993. ISBN 951-47-6860-4.
- Euroopan komissio CIRCABC. EU/WFD Priority Substances, supporting background documents. [http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/lib\\_pri\\_substances.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/lib_pri_substances.htm)
- EU:n Vesipuidedirektiivi 2000/60/EY; <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=8845&lan=fi> 17.2.2013 ja prioriteettiaineluettelo; <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=8848&lan=fi> 17.2.2013
- Frahm, J.P., 1975. Toxicity tolerance studies utilizing periphyton (Toxitoleranzversuche an Wassermoo- sen). *Gewasser Abwasser* 57/58: 59–66 (In German).
- Gustavsson N., K. Loukola-Ruskeeniemi, M. Tenhola 2012. Evaluation of geochemical background levels around sulfide mines – A new statistical procedure with beanplots. *Applied Geochemistry* 27: 240–249.
- Lapin vesitutkimus Oy 2005, Salo O., Hietala J., Hamari S., Hayrynen A., Nurkkala A., Paksuniemi S., 2005. Talvivaara Projekti Oy, Talvivaaran kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus
- Lapin vesitutkimus Oy 2012a, Hamari S., Hietala J., Härmä T., Ojala S., Väyrynen T. 2012. Talvivaara Sotkamo Oy, Talvivaaran kaivos, Ympäristöluvan määräysten sekä säännöstelyä koskevien vesitalo- uslupamääräysten tarkistaminen – Hakemus 28.2.2012.
- Lapin vesitutkimus Oy 2012b, Hietala J., Härmä T., 2012. Talvivaara Sotkamo Oy, Talvivaaran kaivos, Ympäristöluvan määräysten sekä säännöstelyä koskevien vesitalouslupamääräysten tarkistaminen – Hakemus 28.2.2012. Liite 5. Talvivaaran toiminnan kuvaus.
- Loukola-Ruskeeniemi K., A. Uutela, M. Tenhola, T. Paukola 1998. Environmental impact of metalliferous black shales at Talvivaara in Finland, with indication of lake acidification 9000 years ago. *Journal of Geochemical Exploration* 64: 395–407
- Länsi-Suomen ympäristökeskus 2007. Yhteistyöllä parempaan vesienhoitoon. Yhteenveto vesienhoitoa koskevistä keskeisistä kysymyksistä Kokemäenjoen-Saaristomerän-Selkämeren vesienhoitoalueella. Oy Arkmedia Ab, Vaasa. 74 s.
- Myllyoja Sari, Kainuun ELY-keskus 11.11.2012, henkilökohtainen tiedonanto
- Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport I. kemiska och fysikaliska parametrar. Rapport 4920, 205s.
- Okkonen, Matti, 2010 Agglomerointi kasaliuotusta varten. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, kandidaatintyö 138, 2010
- Pöyry 2011, (Pöyry Finland Oy), Virta P., Anttila E.-L., Majuri P., Taskila E., Keränen P., Sauvola T., Ylittervo S.. Talvivaara Sotkamo Oy, Talvivaaran kaivoksen tarkkailu v. 2010, 16WWE0242, 29.3.2011. Osa IV a Pintavesien tarkkailu.
- Pöyry 2012a, (Pöyry Finland Oy) Talvivaara Sotkamo Oy, Arvio Talvivaaran kaivoksen vesistövaikutuk- sista. 16WWE1857, 28.2.2012
- Pöyry 2012b, (Pöyry Finland Oy), Virta P., Kurtti H., Talvivaara Sotkamo Oy, Talvivaaran kaivoksen tarkkailu 2011. 16WWE0993, 30.3.2012
- Reid, S. D. 1995. Adaptation to and effects of acid water on the fish gill. Teoksessa: Hochachka, P. W. & Mommsen, T. P. (toim.) *Biochemistry and molecular biology of fishes*, Vol. 5. Environmental and ecological biochemistry. Elsevier. Amsterdam. s. 213-227.
- Sutela T., Vuori, K.-M., Louhi, P., Hovila, K., Jokela S., Karjalainen, S. M., Keinänen M., Rask M., Teppo, A., Urho L., Vehanen T., Vuorinen P. J., Österholm P., 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. Suomen ympäristö 14/2012. Suomen ympäristökes- kus, 61s. 978-952-11-4014-3 (PDF)
- Talvivaara, 2012-2013. Henkilökohtaiset tiedoksiannot: Eeva Ruokonen 30.8.2012 ja 12.11.2012; Veli-Mat- ti Hilla 20.12.2012; Leif Rosenback 21.1.2013.
- Törmä, M., Haakana, M., Hatunen, S., Härmä, P., Kallio, M., Katila, M., Kiiski, T., Mäkisara, K., Pe- räsaari, J., Piepponen, H., Repo, R., Teiniranta, R., Tomppo, E. 2008. Finnish CORINE 2006 -project: determining changes in land cover in Finland between 2000 and 2006. SPIE 2008.
- Velvoitetarkkailu 2008 - 2012 (Talvivaaran kaivos). Pohjavesien tarkkailutiedot vuosilta 2008-2012 Kai- nuun Elinkeino, liikenne ja ympäristökeskuksesta, henkilökohtainen tiedoksianto Moilanen E.
- VNA 1022/2006. Valtioneuvoston asetus vesi- ja ympäristövaarallisista ja haitallisista aineista 23.11.2006. Ympäristölupa 2007 33/07/1, Dnro PSY-2006-Y-47, Avolouhinnan kuvaus ja lupamääräykset pilaantu- misen ehkäisemiseksi, kohta 8 ja 9
- Watling, H.R. 2006. The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides (A re- view). *Hydrometallurgy* 84: 81-108

## Liite I. Pohjaveden laadun vaihtelu vuosina 2008–2012. (Velvoitetarkkailu viikolle 47/2012 asti)

	pH	sähkön- johtavuus mS/m	NO <sub>3</sub> -N µg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Al µg/l	Ca µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Fe µg/l	Zn µg/l	U µg/l
P1													
28.4.2008	6.3	4.5	8000			2990	< 3	< 10	135	5	632	37	
9.9.2008	6.2	5.5	13000			3300	< 3	< 10	111	6	189	< 10	
27.4.2009	5.5	19	38000			12000	< 3	< 10	250	13	130	19	
2.9.2009	5.9	19.4	36000			13000	< 3	< 10	258	12	340	< 10	
13.1.2010	6.3	18.1	31000	41	< 25	12000	< 3	< 10	166	15	130	36	0.02
24.3.2010	5.5	32.9	22000			23700	< 3	< 10	520	79.6	147	101	0.05
18.8.2010	5.9	49.9	20000	190	167	30000	7.9	< 10	2530	260	215	392	0.07
21.3.2011	5.4	54.2	710			28800	7.2	< 10	3580	198	538	694	
3.5.2011	5.3	81.6			596		16.1	< 10	7130	623	< 30	306	
9.8.2011	5.4	95.8	2600	480	596	54400	33.1	14.1	11600	499	180	1140	0.23
25.8.2011	5.3	86.8	400			56700	30.6	23.5	10600	712	57	1320	
6.9.2012	4.6	74.5	308	350	2230	39100	34	26.1	12100	1170	440	1360	0.26
19.11.2012	4.5	73.1	858	370	2690	39300	41	54.7	12300	1260	400	1350	0.33
P3													
13.1.2010	6.6	22	< 22	3	< 25	13000	< 3	< 10	1180	< 5	20600	< 10	
18.8.2010	6.7	16.6	< 22	5.3	< 25	11900	3.84	< 10	1070	< 5	28500	< 10	
3.5.2011	6.3	34.9			< 25		< 3	< 10	1360	5.9	16500	< 10	
P4													
28.4.2008	6.5	14.3	7000			6890	< 3	< 10	77	< 5	31	26	
21.8.2008	6.4	2.6	360			1600	< 3	< 10	8.3	< 5	928	19	
5.5.2009	6.4	19.5	25000			11000	< 3	< 10	71	< 5	270	12	
2.9.2009	6.6	17.9	7600			8900	< 3	< 10	162	9.3	79	346	
24.3.2010	6.6	15.2	1400			7600	< 3	< 10	114	< 5	106	< 10	0.1
5.10.2010	7.3	16	2500			7640	< 3	< 10	125	282	40.6	30.8	1.16
21.3.2011	6.7	16	1500			8060	< 3	17.8	119	8.2	46.1	45.8	
25.8.2011	6.7	16.72	1200			9240	< 3	< 10	202	< 5	24	30.3	
21.3.2012	6.5	16.8	1300			9180	< 3	< 10	257	< 5	< 15	21.9	1.39
12.9.2012	6.6	17.83	209			9980	< 3	< 10	327	< 5	20.5	12.2	0.94
P5													
13.1.2010	6.5	27.1	360	11	< 25	16000	15	< 10	874	< 5	< 15	12	0.02
18.8.2010	7.4	25.4	380	85	< 25	14400	7.83	< 10	453	< 5	610	< 10	0.01
12.1.2011	6.7	38.8			< 25		10.1	< 10	1070	< 5	480	< 10	
9.8.2011	7	31.2	580	110	< 25	16900	13.6	< 10	460	< 5	< 30	20	0.01
5.9.2012	6.9	23.1	22	84	< 1	14400	2.18	0.26	460	1.41	100	1.26	< 0,01
P6													
13.1.2010	6.4	6.9	< 22	13	< 25	7800	< 3	< 10	68	8.6	< 15	< 10	0.01
28.9.2010	7.2	12.8	210	12	< 25	20900	< 3	< 10	47.8	< 5	170	< 10	0.49
12.1.2011	8.1	28.4			< 25		< 3	< 10	24.2	< 5	40	< 10	
9.8.2011	7.7	26.2	2100	37	< 25	41900	< 3	< 10	48	< 5	< 30	10	1.96
5.9.2012	7.9	23.5	462	32	5.6	37300	0.05	1.12	6.27	1.01	< 30	2.07	0.28



	pH	sähkön- johtavuus mS/m	NO <sub>3</sub> -N µg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Al µg/l	Ca µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Fe µg/l	Zn µg/l	U µg/l
P7													
13.1.2010	6.1	12.1	12000	14	< 25	7300	< 3	< 10	276	9.5	6990	< 10	0.01
18.8.2010	6.6	18.9	160	27	< 25	10400	< 3	< 10	683	14.7	30000	< 10	< 0,01
12.1.2011	6.4	27.8			< 25		3.34	< 10	882	45	15200	35.6	
9.8.2011	6.2	36.9	2600	120	< 25	34400	5.25	< 10	1300	37.3	19800	20	0.01
5.9.2012	7.1	77.7	5.3	100	1.8	18600	1.71	0.36	1470	44.4	3580	4.22	<0,01
19.11.2012	6.5	42.9	<4.8	130	<30	42600	4.7	0.15	3380	52.2	49700	26.5	<0,02
P8													
20.5.2010	6.5	10.9	< 22	1.5	12.6	9000	1.18	5.42	722	3.54	< 30	7.9	0.08
18.8.2010	7.4	16.4	40	4.8	< 5	13900	< 3	< 10	506	< 5	100	< 10	0.32
3.5.2011	6.6	12.42			< 25		< 3	< 10	800	13.6	280	21.6	
9.8.2011	6.7	11.52	44	4	< 25	9600	< 3	< 10	640	7.16	40	10	0.015
5.8.2012	6.5	15.3	720	8.7	<0,05	11800	6.29	1.69	1710	24.1	1490	19.1	0.15
19.11.2012	6.2	15.5	13.6	5.6	<30	13000	8.4	4	2260	25.2	180	28.4	0.16
P9													
13.1.2010	5.9	5.5	53	2.8	67.1	4000	< 3	< 10	218	< 5	480	< 10	0.25
18.8.2010	6	3.5	150	6.2	96.8	1680	< 3	16.7	92	< 5	180	26.9	0.39
12.1.2011	5.8	8.1			97		< 3	11.1	97.5	5.32	190	14.7	
9.8.2011	5	5.47	< 22	14	604	2750	3.75	17.7	140	47.6	390	450	0.35
19.11.2012	5.5	2.9	40.2	7	360	1770	2.1	17.4	66	33.1	240	182	0.43

## Liite 2. Talvivaaran haitta-aineiden vesistöanalyysitulokset

Suomen ympäristökeskus

Ympäristömittaus- ja testauslaboratorio 23.II.2012

Tulokset µg/l ellei muuta ilmoitettu

\*Laimennettu korkean suolapitoisuuden vuoksi. Määrittysrajoja korotettu vastaavasti.

\*\*Semikvantitatiivinen ICP-MS-tulos

\*\*\*Suodattamaton (ruskea, sakkainen) ja suodatettu (väritön, kirkas) poikkesivat ulkonäöltään huomattavasti toisistaan.

Näytepvm	Havaintopaikka	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-OES	
		Esikäsitteily	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Se	U	V	Zn	
Pohjoinen vesistöalue															
19.II.2012	Salminen 2*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		HNO3-hajotus	-	0,28	0,21	8,85	2,29	2,90	354	0,52	<2,0	25,1	2,13	95,0	
		Suodatus	-	0,17	0,20	9,02	2,20	3,10	351	0,43	<2,0	22,42	1,65	83,9	
19.II.2012	Salminen 2*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,30	0,18	7,50	2,07	3,59	290	0,54	<2,0	19,6	2,09	76,1	
		Suodatus	-	0,15	0,17	7,08	1,64	3,12	268	0,37	<2,0	16,3	1,29	68,0	
8.II.2012	Salmispuro 1*	-	<0,40	0,87	1,31	53,5	22,5	6,38	2642	1,63	<4,0	237,2	7,49	573	
		HNO3-hajotus	<0,40	2,29	1,44	55,0	21,2	6,39	2717	1,69	5,6	246	7,64	588	
		Suodatus	<0,40	0,99	1,30	53,6	19,1	4,42	2639	1,45	<4,0	235	1,94	575	
11.II.2012	Salmispuro 1*	-	<0,40	0,37	0,68	27,8	7,5	3,74	1280	0,89	<4,0	96,6	2,61	273	
		HNO3-hajotus	<0,40	0,89	0,72	29,1	7,6	4,49	1355	0,89	5,7	92,3	2,56	323	
		Suodatus	<0,40	0,35	0,66	28,3	6,2	3,24	1282	0,81	<4,0	96,3	1,03	278	
15.II.2012	Salmispuro 1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,38	0,28	11,2	3,19	4,02	458	0,55	<2,0	33,41	2,03	120,3	
		Suodatus	-	0,19	0,23	10,2	2,19	2,31	415	0,36	<2,0	26,85	1,21	97,1	
19.II.2012	Salmispuro 1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,23	0,15	6,61	1,42	2,72	245	0,37	<2,0	13,2	1,23	65,0	
		Suodatus	-	0,11	0,16	6,47	0,37	2,25	238	0,13	<2,0	8,35	0,21	58,9	
15.II.2012	Kalliojärvi*, 1,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,34	0,27	9,32	0,89	2,50	411	0,12	<2,0	21,9	0,19	94,1	
		Suodatus	-	0,13	0,25	9,07	0,55	1,96	396	0,11	<2,0	20,2	0,16	87,4	
15.II.2012	Kalliojärvi*, 3,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,69	0,37	16,5	1,66	4,71	639	0,19	2,3	38,2	0,23	155	
		Suodatus	-	0,41	0,34	16,0	0,83	2,11	601	0,19	<2,0	35,7	0,19	130	
15.II.2012	Kalliojärvi*, 4,6 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,56	0,19	11,4	0,99	4,22	334	0,21	<2,0	13,0	1,06	90,4	
		Suodatus	-	0,36	0,18	11,0	0,38	3,64	318	0,12	<2,0	7,46	0,22	70,7	
20.II.2012	Kalliojärvi***, 1,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,11	0,12	5,84	0,39	0,40	261	0,06	<2,0	1,51	0,11	18,0	
		Suodatus	-	0,09	0,01	0,18	0,18	2,05	13,84	0,24	<2,0	0,15	0,06	3,0	
20.II.2012	Kalliojärvi*, 3,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,45	0,22	12,8	0,67	4,41	446	0,08	2,7	20,4	0,22	113	
		Suodatus	-	0,30	0,23	12,4	0,26	2,82	419	0,06	<2,0	19,4	0,16	90,0	
20.II.2012	Kalliojärvi*, 4,6 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,77	0,25	12,3	0,88	2,63	375	0,12	<2,0	13,0	0,91	96,7	
		Suodatus	-	0,41	0,17	11,5	0,45	3,69	343	0,05	<2,0	8,78	0,24	75,7	

	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES		
	Al	Ba	Ca (mg/l)	Fe	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn	Na (mg/l)	P	S	Sr	Ti	SYKE LIMS-nro	Til. LIMS-nro
													Pohjoinen suunta	
	15057	22	46,0	28206	1,58	62,9	27401	95	<500	240960	103	<10	I412-23640-01	I212-00503-03
n. 14000**	-	-	29603	-	-	28719	-	-	-	-	-	-	I412-23640-01	I212-00503-03
	14781	22	45,9	27336	1,57	62,5	27243	95	<500	240020	103	<10	I412-23641-01	I212-00503-04
	11850	20	32,3	21760	1,29	47,5	21347	68	<500	179410	81	<10	I412-23650-01	I212-00508-03
n. 11000**	-	-	23201	-	-	22816	-	-	-	-	-	-	I412-23650-01	I212-00508-03
	11582	20	32,3	20816	1,29	47,61	21160	67	<500	178210	81	<10	I412-23651-01	I212-00508-04
	111700	46	185	223490	6,08	386	177400	944	<500	1714500	419	<10	I412-22940-01	I212-00469-02
	-	-	-	230000	-	-	180000	-	-	-	-	-	I412-22940-01	I212-00469-02
	113675	49	188	226750	6,01	390	180905	963	<500	1750450	416	<10	I412-22941-01	I212-00469-03
	53462	36	154	114290	3,71	203	95912	355	<500	846045	298	<10	I412-22965-01	I212-00475-02
n.55000**			120000			100000							I412-22965-01	I212-00475-02
	53452	36	155	113675	3,74	204	96246	357	<500	851970	300	<10	I412-22966-01	I212-00475-03
	17239	24	58,5	32278	1,87	75,4	31477	136	<500	308990	123	<10	I412-23294-01	I212-00490-03
n.18000**	-	-	35429	-	-	35722	-	-	-	-	-	-	I412-23294-01	I212-00490-03
	17230	24	59	31771	1,88	75,9	31747	137	<500	306980	124	<10	I412-23295-01	I212-00490-04
	8186	19	43,9	17072	1,22	43,3	19525	61	<500	164220	85	<10	I412-23652-01	I212-00509-03
n. 8000**	-	-	18465	-	-	20767	-	-	-	-	-	-	I412-23652-01	I212-00509-03
	5532	19	44,1	15023	1,23	43,5	19467	61	<500	163010	85	<10	I412-23653-01	I212-00509-04
	11286	29	141	31242	2,92	99,2	34599	314	<500	517390	223	<10	I412-23286-01	I212-00488-03
n.11000**	-	-	33278	-	-	37819	-	-	-	-	-	-	I412-23286-01	I212-00488-03
	10721	29	139	29466	2,95	97,9	34139	309	<500	510020	220	<10	I412-23287-01	I212-00488-04
	15093	44	161	77826	5,66	191	52800	1172	<500	1283300	353	<10	I412-23288-01	I212-00488-06
n.15000**	-	-	84757	-	-	59704	-	-	-	-	-	-	I412-23288-01	I212-00488-06
	14735	44	160	75283	5,64	190	52470	1171	<500	1275000	352	<10	I412-23289-01	I212-00488-07
	3616	46	150	69496	5,93	174	33869	1344	<500	1329900	368	<10	I412-23290-01	I212-00488-09
	-	-	-	75596	-	-	38026	-	-	-	-	-	I412-23290-01	I212-00488-09
	1761	47	153	67111	6,01	177	34375	1379	<500	1359700	374	<10	I412-23291-01	I212-00488-10
	521	30	246	2353	3,16	84,1	30450	270	<500	498490	330	<10	I412-23660-01	I212-00515-03
	-	-	-	2410	-	-	33958	-	-	-	-	-	I412-23660-01	I212-00515-03
	39	29	243	5	3,12	77,9	15836	262	<500	485020	324	<10	I412-23661-01	I212-00515-04
	9034	43	154	59326	5,62	168	39727	1171	<500	1240100	335	<10	I412-23662-01	I212-00515-06
n. 9000**	-	-	63685	-	-	42577	-	-	-	-	-	-	I412-23662-01	I212-00515-06
	8926	43	155	56499	5,62	172	40146	1184	<500	1241200	341	<10	I412-23663-01	I212-00515-07
	4095	46	154	68117	6,04	177	35708	1353	<500	1361000	365	<10	I412-23664-01	I212-00515-09
n. 4200**	-	-	73215	-	-	38720	-	-	-	-	-	-	I412-23664-01	I212-00515-09
	2579	47	155	65600	5,93	178	35935	1374	<500	1367800	367	<10	I412-23665-01	I212-00515-10

Näytepvm	Havaintopaikka	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-OES	
		Esikäsitely	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Se	U	V	Zn	
15.11.2012	Kalliojoki lähtevä	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,23	0,07	1,45	0,55	2,15	31,25	0,40	0,3	1,32	0,62	14,2	
		Suodatus	-	0,19	0,07	1,39	0,49	1,14	29,75	0,30	<0,2	1,11	0,56	12,6	
19.11.2012	Kalliojoki lähtevä	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,20	0,03	0,84	0,56	1,36	20,8	0,42	<0,2	0,55	0,53	7,3	
		Suodatus	-	0,18	0,03	0,85	0,46	1,23	20,1	0,31	<0,2	0,48	0,52	6,7	
8.11.2012	Kalliojoki, suu	-	<0,02	0,21	0,27	2,18	0,65	1,81	29,4	0,36	<0,2	0,39	0,77	68,1	
		HNO3-hajotus	<0,02	0,27	0,30	2,38	0,67	2,27	31,6	0,37	0,3	0,40	0,83	81,5	
		Suodatus	<0,02	0,24	0,26	2,24	0,61	2,17	29,8	0,36	<0,2	0,37	0,76	75,19	
15.11.2012	Kalliojoki, suu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,26	0,37	3,95	0,66	4,52	92,7	0,37	0,3	2,95	0,70	100,30	
		Suodatus	-	0,20	0,37	3,91	0,58	4,19	91,9	0,29	<0,2	2,48	0,59	89,09	
19.11.2012	Kalliojoki, suu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,29	0,31	2,23	0,78	2,44	31,1	0,56	0,3	0,37	1,11	79,9	
		Suodatus	-	0,22	0,23	1,77	0,64	2,21	24,9	0,34	<0,2	0,21	0,93	44,8	
15.11.2012	Kolmisoppi lähtevä	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,27	0,19	1,18	0,70	3,54	16,0	0,49	<0,2	0,14	0,84	43,1	
		Suodatus	-	0,25	0,19	1,14	0,67	2,49	15,6	0,38	<0,2	0,13	0,72	39,8	
20.11.2012	Kolmisoppi lähtevä	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,29	0,19	1,19	0,70	1,92	16,3	0,41	0,2	0,13	0,87	43,6	
		Suodatus	-	0,26	0,18	1,14	0,61	1,71	15,5	0,35	<0,2	0,13	0,77	41,3	
8.11.2012	Tuhkajoki I	-	<0,02	0,27	0,16	0,99	0,69	2,01	15,9	0,39	<0,2	0,15	0,85	42,6	
		HNO3-hajotus	<0,02	0,31	0,18	1,00	0,71	2,14	15,9	0,41	<0,2	0,16	0,95	43,4	
		Suodatus	<0,02	0,26	0,16	0,98	0,70	1,88	15,5	0,35	<0,2	0,13	0,85	42,3	
15.11.2012	Tuhkajoki I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,28	0,17	0,98	0,67	3,01	15,3	0,42	<0,2	0,13	0,84	41,5	
		Suodatus	-	0,24	0,17	0,92	0,65	1,86	14,8	0,33	<0,2	0,12	0,71	38,0	
17.11.2012	Tuhkajoki I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,25	0,15	0,93	0,67	2,84	14,5	0,38	0,2	0,13	0,81	39,8	
		Suodatus	-	0,27	0,18	1,00	0,68	5,35	15,4	0,35	<0,2	0,13	0,81	42,0	
21.11.2012	Jormasjärvi syv p3, 1,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,31	0,08	0,22	0,49	1,65	12,3	0,13	<0,2	0,072	0,40	33,0	
		Suodatus	-	0,26	0,08	0,17	0,40	1,77	11,3	0,10	<0,2	0,069	0,33	30,6	
21.11.2012	Jormasjärvi syv p3, 13,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,27	0,08	0,22	0,47	4,00	11,9	0,15	<0,2	0,078	0,40	31,3	
		Suodatus	-	0,28	0,08	0,17	0,46	9,85	11,4	0,12	<0,2	0,095	0,33	31,5	
21.11.2012	Jormasjärvi syv p3, 26,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,34	0,08	0,22	0,53	2,54	12,0	0,15	<0,2	0,074	0,40	32,3	
		Suodatus	-	0,28	0,08	0,17	0,42	1,90	11,4	0,10	<0,2	0,069	0,33	32,3	

	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES		
	Al	Ba	Ca (mg/l)	Fe	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn	Na (mg/l)	P	S	Sr	Ti	SYKE LIMS-nro	Til. LIMS-nro
	894	16	29,8	2802	1,22	17,1	2617	81	<50	102140	55	2,4	I412-23282-01	I212-00486-03
	-	-	-	3009	-	-	2877	-	-	-	-	-	I412-23282-01	I212-00486-03
	862	16	30	2517	1,23	17,2	2625	81	<50	102360	55	1,9	I412-23283-01	I212-00486-04
	398	10	31,8	1680	0,66	9,62	2298	35	<50	63950	52	1,8	I412-23642-01	I212-00504-03
	-	-	-	1872	-	-	2523	-	-	-	-	-	I412-23642-01	I212-00504-03
	339	10	31,6	1500	0,64	9,59	2280	35	<50	62057	52	1,7	I412-23643-01	I212-00504-04
	442	17	23,5	1755	1,12	11,2	700	54	<50	69470	47	3,4	I412-22936-01	I212-00467-02
	-	-	-	1900	-	-	760	-	-	-	-	-	I412-22936-01	I212-00467-02
	407	17	24,0	1633	1,27	11,2	700	53	<50	69168	48	3,2	I412-22937-01	I212-00467-03
	1778	18	40,5	5084	1,15	19,9	5806	68	<50	109260	69	3,2	I412-23284-01	I212-00487-03
	-	-	-	5450	-	-	6474	-	-	-	-	-	I412-23284-01	I212-00487-03
	1636	18	41	4687	1,15	19,9	5812	69	<50	109620	69	2,5	I412-23285-01	I212-00487-04
	450	13	43,1	1453	0,69	4,47	814	16	<50	31501	50	5,8	I412-23644-01	I212-00505-03
	-	-	-	1546	-	-	853	-	-	-	-	-	I412-23644-01	I212-00505-03
	326	11	41,8	915	0,68	4,02	510	16	<50	31404	48	2,5	I412-23645-01	I212-00505-04
	325	17	11,0	1594	0,79	4,48	341	28	<50	31290	27	4,5	I412-23292-01	I212-00489-03
	-	-	-	1774	-	-	392	-	-	-	-	-	I412-23292-01	I212-00489-03
	314	17	11	1443	0,78	4,49	342	28	<50	31335	27	3,8	I412-23293-01	I212-00489-04
	316	17	10,9	1574	0,79	4,42	329	27	<50	30661	27	4,6	I412-23672-01	I212-00517-03
	-	-	-	1694	-	-	359	-	-	-	-	-	I412-23672-01	I212-00517-03
	302	17	10,9	1384	0,78	4,42	329	27	<50	30689	27	3,7	I412-23673-01	I212-00517-04
	329	17	10,3	1545	0,76	4,20	298	26	<50	28841	27	3,9	I412-22942-01	I212-00470-02
	-	-	-	1800	-	-	330	-	-	-	-	-	I412-22942-01	I212-00470-02
	311	16	10,3	1410	0,78	4,18	289	26	<50	28903	26	3,4	I412-22943-01	I212-00470-03
	324	17	10,6	1562	0,78	4,33	296	27	<50	29709	27	4,3	I412-23296-01	I212-00491-03
	-	-	-	1736	-	-	340	-	-	-	-	-	I412-23296-01	I212-00491-03
	314	17	11	1407	0,79	4,32	293	26	<50	29664	27	4,0	I412-23297-01	I212-00491-04
	319	17	10,6	1537	0,77	4,32	296	27	<50	29497	27	4,4	I412-23634-01	I212-00500-03
	-	-	-	1699	-	-	321	-	-	-	-	-	I412-23634-01	I212-00500-03
	308	16	10,7	1429	0,79	4,31	291	27	<50	29459	27	3,9	I412-23635-01	I212-00500-04
	196	11	5,6	611	0,75	2,64	50	14,0	<50	15327	19	2,0	I412-23676-01	I212-00519-03
	-	-	-	730	-	-	55	-	-	-	-	-	I412-23676-01	I212-00519-03
	219	11	6,6	552	0,78	2,67	43	14,1	<50	15258	21	2,8	I412-23677-01	I212-00519-04
	190	11	5,6	609	0,76	2,64	50	14,1	<50	15229	19	2,1	I412-23678-01	I212-00519-06
	-	-	-	744	-	-	57	-	-	-	-	-	I412-23678-01	I212-00519-06
	180	11	5,6	523	0,74	2,64	43	14,2	<50	15289	19	1,5	I412-23679-01	I212-00519-07
	194	11	5,6	603	0,75	2,65	49	14,1	<50	15293	19	1,9	I412-23680-01	I212-00519-09
	-	-	-	720	-	-	54	-	-	-	-	-	I412-23680-01	I212-00519-09
	182	11	5,6	536	0,74	2,65	43	14,1	<50	15306	19	1,6	I412-23681-01	I212-00519-10

Näytepvm	Havaintopaikka	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-OES	
		Esikäsittely	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Se	U	V	Zn	
7.11.2012	Paltaselkä 138	Suodatus	-	0,26	0,02	0,11	0,50	1,07	3,52	0,11	<0,2	0,10	0,30	31,6	
7.11.2012	Paltaselkä 138	Suodatus	-	0,27	0,02	0,13	0,50	1,12	4,28	0,10	<0,2	0,11	0,32	37,6	
Eteläinen vesistöalue															
13.11.2012	Ylä-Lumijärvi 2*, 0,3m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,42	0,89	20,5	0,87	1,84	726	0,24	<2,0	22,4	0,69	381	
		Suodatus	-	0,26	0,90	19,0	0,50	1,46	679	0,04	<2,0	14,5	0,26	346	
14.11.2012	Ylä-Lumijärvi 2*, 0,3m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,95	2,32	57,7	2,03	4,77	1833	0,51	3,4	62,3	0,88	957	
		Suodatus	-	0,47	1,96	52,7	1,11	3,44	1689	0,22	<2,0	51,8	0,44	830	
16.11.2012	Ylä-Lumijärvi 2*, 0,3 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,52	1,08	33,1	1,02	3,10	961	0,25	<2,0	26,3	0,55	445	
		Suodatus	-	0,21	1,04	33,4	0,30	2,30	949	0,10	<2,0	18,2	0,19	404	
17.11.2012	Ylä-Lumijärvi 2*, 0,3 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,54	1,30	41,5	1,02	3,42	1231	0,27	<2,0	36,9	0,48	563	
		Suodatus	-	0,22	1,25	41,8	0,44	2,52	1213	0,08	<2,0	29,0	0,22	511	
19.11.2012	Ylä-Lumijärvi 2*, 0,3 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,25	0,49	17,7	0,74	5,89	442	0,32	<2,0	9,02	0,50	195	
		Suodatus	-	0,11	0,46	16,9	0,20	2,16	412	0,02	<2,0	3,65	0,12	167	
8.11.2012	Lumijoki 4	-	<0,02	0,25	0,05	0,73	0,69	1,31	13	0,39	<0,2	0,38	1,08	10,5	
		HNO3-hajotus	<0,02	0,29	0,05	0,76	0,71	1,51	13	0,41	<0,2	0,38	1,14	11,8	
		Suodatus	<0,02	0,24	0,04	0,71	0,70	1,46	12	0,30	<0,2	0,36	0,82	9,88	
9.11.2012	Lumijoki 4	-	<0,02	0,22	0,05	0,66	0,70	1,80	12	0,39	0,3	0,31	1,01	9,7	
		HNO3-hajotus	<0,02	0,26	0,05	0,71	0,78	1,99	13	0,39	0,5	0,31	1,04	10,7	
		Suodatus	<0,02	0,24	0,04	0,67	0,67	1,75	11	0,31	<0,2	0,32	0,80	10,4	
10.11.2012	Lumijoki 4*	-	<0,40	0,29	1,67	73,2	0,94	1,68	1719	0,24	<4,0	25,9	0,81	740	
		HNO3-hajotus	<0,40	0,70	2,03	76,9	1,32	3,81	1715	0,24	5,9	25,5	0,80	879	
		Suodatus	<0,40	0,31	1,64	74,2	0,73	1,03	1734	0,12	<4,0	22,6	0,45	754	
11.11.2012	Lumijoki 4*	-	<0,40	1,41	9,37	250	4,0	6,22	8306	0,70	8,4	349	1,58	3994	
		HNO3-hajotus	<0,40	5,15	10,86	274	5,4	11,69	8396	0,81	21,1	355	1,81	4660	
		Suodatus	<0,40	1,50	8,87	246	2,9	1,79	8221	0,51	7,0	345	0,86	3964	
12.11.2012	Lumijoki 4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	2,63	6,41	181	2,38	6,88	5670	0,73	9,1	177	1,03	2893	
		Suodatus	-	1,22	5,32	157	1,62	3,49	5410	0,43	<4,0	140	0,69	2399	
13.11.2012	Lumijoki 4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,81	1,55	54,5	1,11	3,03	1755	0,50	4,1	36,9	0,95	744	
		Suodatus	-	0,30	1,35	51,0	0,80	2,96	1633	0,31	<4,0	29,7	0,70	646	
14.11.2012	Lumijoki 4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,64	1,63	40,8	1,36	2,55	1357	0,40	<4,0	44,6	1,02	689	
		Suodatus	-	0,44	1,52	38,5	0,77	2,16	1279	0,29	<4,0	35,2	0,83	633	
16.11.2012	Lumijoki 4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,24	0,43	10,8	0,66	6,22	301	0,46	<2,0	7,80	0,66	142	
		Suodatus	-	0,20	0,42	11,7	0,43	6,31	313	0,19	<2,0	5,72	0,32	123	

	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES		
	Al	Ba	Ca (mg/l)	Fe	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn	Na (mg/l)	P	S	Sr	Ti	SYKE LIMS-nro	Til. LIMS-nro
	114	7,9	2,69	367	0,56	1,01	21	1,5	<50	1046	14		1412-23259-01	1212-00461-02
	119	7,9	2,68	373	0,56	1,01	25	1,5	<50	1061	13		1412-23260-01	1212-00461-03
													Eteläinen suunta	
	5189	18	62,7	45690	1,40	104	57842	102	<500	319690	128	<10	1412-23268-01	1212-00481-03
	n.5000**	-	-	48128	-	-	62819	-	-	-	-	-	1412-23268-01	1212-00481-03
	3399	17	62	42841	1,39	103	57604	101	<500	319070	127	<10	1412-23269-01	1212-00481-04
	18910	28	121	115690	2,44	261	147030	256	<500	794650	267	<10	1412-23280-01	1212-00485-03
	n.18000**	-	-	121485	-	-	158170	-	-	-	-	-	1412-23280-01	1212-00485-03
	17446	29	122	115330	2,44	265	149000	259	<500	802890	270	<10	1412-23281-01	1212-00485-04
	6803	24	138	60304	2,48	180	92459	220	<500	580260	401	<10	1412-23630-01	1212-00495-03
	n. 6500**	-	-	64989	-	-	98966	-	-	-	-	-	1412-23630-01	1212-00495-03
	3816	24	139	57309	2,43	181	96248	221	<500	600910	403	<10	1412-23631-01	1212-00495-04
	8216	23	117	82418	2,60	219	119000	256	<500	677100	387	<10	1412-23632-01	1212-00499-03
	n. 8000**	-	-	85041	-	-	120530	-	-	-	-	-	1412-23632-01	1212-00499-03
	6477	23	117	81358	2,59	219	120590	257	<500	683580	387	<10	1412-23633-01	1212-00499-04
	2198	16	75,1	24738	1,58	97,9	50171	125	<500	318430	291	<10	1412-23654-01	1212-00510-03
	-	-	-	25045	-	-	51282	-	-	-	-	-	1412-23654-01	1212-00510-03
	529	15	75,1	21134	1,59	98,4	49918	125	<500	317740	292	<10	1412-23655-01	1212-00510-04
	310	13	26,9	1259	0,95	7,54	907	24	<50	42799	51	5,2	1412-22938-01	1212-00468-02
	-	-	-	1400	-	-	970	-	-	-	-	-	1412-22938-01	1212-00468-02
	283	12	26,9	1055	0,95	7,53	902	24	<50	42656	51	3,9	1412-22939-01	1212-00468-03
	314	13	24,7	1207	0,94	6,8	705	23	<50	39006	49	4,7	1412-22957-01	1212-00471-02
	-	-	-	1300	-	-	760	-	-	-	-	-	1412-22957-01	1212-00471-02
	290	12	24,7	1043	0,93	6,8	703	23	<50	39262	49	3,9	1412-22958-01	1212-00471-03
	9780	113	213	94400	4,92	403	197115	650	<500	1325910	373	<10	1412-22959-01	1212-00472-02
	n.10000**	-	-	98000	-	-	210000	-	-	-	-	-	1412-22959-01	1212-00472-02
	8588	110	212	93605	4,80	402	200320	647	<500	1342950	373	<10	1412-22960-01	1212-00472-03
	49429	111	376	570303	8,88	1111	653020	1193	<500	3328967	626	<10	1412-22963-01	1212-00474-02
	n.50000**	-	-	570000	-	-	650000	-	-	-	-	-	1412-22963-01	1212-00474-02
	45494	112	374	567450	8,63	1111	648720	1190	<500	3319600	622	<10	1412-22964-01	1212-00474-03
	18948	58	288	385210	6,63	823	468340	897	<500	2460700	454	<10	1412-23264-01	1212-00477-02
	n.19000**	-	-	436185	-	-	551515	-	-	-	-	-	1412-23264-01	1212-00477-02
	18016	58	295	408740	6,77	874	496200	956	<500	2622600	459	<10	1412-23265-01	1212-00477-03
	4438	31	169	113110	3,21	341	217560	462	<500	1357600	280	<10	1412-23266-01	1212-00480-03
	-	-	-	124450	-	-	188550	-	-	-	-	-	1412-23266-01	1212-00480-03
	4142	32	176	117360	3,38	354	217390	481	<500	1359000	291	<10	1412-23267-01	1212-00480-04
	10710	24	88,5	85190	1,78	195	107050	192	<500	569360	171	<10	1412-23278-01	1212-00484-03
	n.11000**	-	-	88655	-	-	118725	-	-	-	-	-	1412-23278-01	1212-00484-03
	10396	25	91	86425	2,02	199	109590	196	<500	582360	174	<10	1412-23279-01	1212-00484-04
	1842	18	125	14844	1,44	78,8	34893	109	<500	308090	233	<10	1412-23628-01	1212-00494-03
	-	-	-	15690	-	-	36132	-	-	-	-	-	1412-23628-01	1212-00494-03
	1404	18	128	13624	1,46	80,3	35440	112	<500	313590	232	<10	1412-23629-01	1212-00494-04

Näytepvm	Havaintopaikka	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-OES	
		Esikäsitely	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Se	U	V	Zn	
17.11.2012	Lumijoki 4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,29	0,37	11,4	0,72	1,90	289	0,43	<2,0	7,26	0,93	139	
		Suodatus	-	0,23	0,35	11,4	0,54	1,42	280	0,19	<2,0	4,76	0,42	121	
19.11.2012	Lumijoki 4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,26	0,28	8,33	0,69	2,42	205	0,47	<2,0	5,59	0,93	96,3	
		Suodatus	-	0,21	0,27	8,70	0,58	2,31	210	0,38	<2,0	4,56	0,64	91,5	
20.11.2012	Lumijoki 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,27	0,20	6,04	0,72	3,58	147	0,47	0,2	3,96	1,02	69,1	
		Suodatus	-	0,20	0,18	5,64	0,57	2,80	133	0,27	<0,2	3,00	0,64	60,0	
14.11.2012	Kivijärvi 7, 1,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,26	0,06	0,60	0,67	2,01	12,6	0,29	0,3	0,16	0,67	13,5	
		Suodatus	-	0,23	0,06	0,56	0,54	1,48	11,7	0,25	<0,2	0,15	0,57	11,6	
14.11.2012	Kivijärvi 7*, 3,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,29	0,28	7,57	0,53	1,74	230	0,26	<2,0	4,32	0,57	110	
		Suodatus	-	0,22	0,27	7,20	0,52	2,20	217	0,19	<2,0	2,91	0,35	93,6	
14.11.2012	Kivijärvi 7*, 4,6 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	1,06	2,12	67,6	0,82	3,29	2094	0,08	5,3	28,1	0,52	1105	
		Suodatus	-	0,49	1,96	61,2	0,70	2,08	1902	0,04	<2,0	20,1	0,33	919	
20.11.2012	Kivijärvi 7, 1,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,24	0,05	0,55	0,72	1,59	11,6	0,37	0,2	0,16	0,69	12,5	
		Suodatus	-	0,22	0,05	0,51	0,55	1,39	10,6	0,35	<0,2	0,16	0,55	11,1	
20.11.2012	Kivijärvi 7*, 3,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,41	0,91	31,7	0,74	1,65	894	0,11	3,0	6,41	0,39	406	
		Suodatus	-	0,16	0,76	29,7	0,15	2,15	819	0,04	<2,0	5,04	0,15	337	
20.11.2012	Kivijärvi 7*, 4,6 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,77	2,23	68,8	0,97	4,00	2172	0,14	<4,0	25,0	0,32	1171	
		Suodatus	-	0,34	2,13	64,6	0,25	4,28	1995	0,04	<4,0	20,8	0,22	966	
11.11.2012	Kivijoki 4	-	<0,02	0,23	0,03	0,44	0,61	1,72	6,11	0,44	<0,2	0,14	0,93	7,5	
		HNO3-hajotus	<0,02	0,24	0,03	0,44	0,57	1,71	6,29	0,42	0,3	0,13	0,88	7,6	
		Suodatus	<0,02	0,23	0,03	0,44	0,63	1,95	5,93	0,39	<0,2	0,13	0,88	7,9	
12.11.2012	Kivijoki 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,24	0,04	0,50	0,65	1,68	7,14	0,44	<0,2	0,12	0,88	9,4	
		Suodatus	-	0,22	0,04	0,46	1,01	1,85	6,95	0,80	<0,2	0,13	0,78	10,6	
14.11.2012	Kivijoki 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,22	0,03	0,34	0,55	1,19	3,94	0,44	<0,2	0,11	0,80	5,6	
		Suodatus	-	0,21	0,03	0,34	0,55	0,80	3,93	0,45	<0,2	0,11	0,81	6,0	
16.11.2012	Kivijoki 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HNO3-hajotus	-	0,26	0,07	0,54	0,61	6,37	12,2	0,36	0,3	0,14	0,61	15,3	
		Suodatus	-	0,24	0,06	0,53	0,62	6,16	11,6	0,33	<0,2	0,14	0,60	13,6	



	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES		
	Al	Ba	Ca (mg/l)	Fe	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn	Na (mg/l)	P	S	Sr	Ti	SYKE LIMS-nro	Til. LIMS-nro
	1202	16	75,7	16163	1,12	70,4	34256	94	<500	231380	180	<10	1412-23636-01	1212-00501-03
	-	-	-	16983	-	-	33298	-	-	-	-	-	1412-23636-01	1212-00501-03
	823	16	76,0	14842	1,14	68,4	33222	91	<500	232020	181	<10	1412-23637-01	1212-00501-04
	1112	14	36,7	13889	0,88	47,9	24097	60	<500	153280	120	<10	1412-23648-01	1212-00507-03
	-	-	-	14392	-	-	25164	-	-	-	-	-	1412-23648-01	1212-00507-03
	914	14	36,9	13324	0,91	48,3	24193	60	<500	153660	121	<10	1412-23649-01	1212-00507-04
	790	13	25,9	8311	0,62	31,7	16126	43	<50	104970	86	3,7	1412-23674-01	1212-00518-03
	-	-	-	8617	-	-	16305	-	-	-	-	-	1412-23674-01	1212-00518-03
	643	13	25,9	7622	0,63	31,6	15434	43	<50	99622	86	3,1	1412-23675-01	1212-00518-04
	236	14	31,7	1039	1,33	10,0	778	54	<50	69826	59	3,9	1412-23272-01	1212-00483-03
	-	-	-	1127	-	-	877	-	-	-	-	-	1412-23272-01	1212-00483-03
	215	13	31	902	1,30	10,0	774	55	<50	70354	58	2,8	1412-23273-01	1212-00483-04
	885	18	66,4	13811	1,83	56,2	22532	115	<500	223420	114	<10	1412-23274-01	1212-00483-06
	-	-	-	14584	-	-	25140	-	-	-	-	-	1412-23274-01	1212-00483-06
	596	18	66	12918	1,82	56,3	22723	116	<500	223230	113	<10	1412-23275-01	1212-00483-07
	2127	54	238	161250	6,24	412	198820	1387	<500	1910000	446	<10	1412-23276-01	1212-00483-09
	-	-	-	173480	-	-	224460	-	-	-	-	-	1412-23276-01	1212-00483-09
	1666	55	239	160380	6,36	414	202100	1400	<500	1934000	449	<10	1412-23277-01	1212-00483-10
	226	13	31,0	1006	1,26	9,60	745	56	<50	68596	56	3,6	1412-23666-01	1212-00516-03
	-	-	-	1094	-	-	807	-	-	-	-	-	1412-23666-01	1212-00516-03
	211	13	31,1	894	1,26	9,64	748	56	<50	68391	56	2,9	1412-23667-01	1212-00516-04
	1819	45	269	46482	3,53	286	115560	481	<500	1002500	406	<10	1412-23668-01	1212-00516-06
	-	-	-	45701	-	-	114810	-	-	-	-	-	1412-23668-01	1212-00516-06
	1700	45	270	45820	3,63	288	116370	486	<500	1011400	409	<10	1412-23669-01	1212-00516-07
	2242	53	220	159630	6,60	403	195310	1444	<500	1919900	418	<10	1412-23670-01	1212-00516-09
	-	-	-	173250	-	-	206090	-	-	-	-	-	1412-23670-01	1212-00516-09
	2073	53	221	159270	6,33	404	197110	1441	<500	1917500	419	<10	1412-23671-01	1212-00516-10
	263	9	11,7	1217	0,65	3,87	354	17	<50	23009	27	4,1	1412-22961-01	1212-00473-02
	-	-	-	1300	-	-	370	-	-	-	-	-	1412-22961-01	1212-00473-02
	248	9	11,4	1126	0,64	3,77	328	17	<50	22512	27	3,5	1412-22962-01	1212-00473-03
	257	9	12,0	1165	0,75	4,22	326	19	<50	24094	28	4,3	1412-23262-01	1212-00476-02
	-	-	-	1292	-	-	371	-	-	-	-	-	1412-23262-01	1212-00476-02
	249	10	12	1091	0,77	4,35	340	19	<50	24612	28	4,2	1412-23263-01	1212-00476-03
	225	9	10,7	1095	0,53	3,40	290	20	<50	24143	26	3,6	1412-23270-01	1212-00482-03
	-	-	-	1204	-	-	327	-	-	-	-	-	1412-23270-01	1212-00482-03
	223	9	11	1043	0,53	3,40	288	20	<50	24084	26	3,3	1412-23271-01	1212-00482-04
	228	13	32,2	1032	1,33	10,5	784	58	<50	75050	57	3,4	1412-23620-01	1212-00492-03
	-	-	-	1100	-	-	825	-	-	-	-	-	1412-23620-01	1212-00492-03
	219	13	31,6	946	1,31	10,3	765	58	<50	74328	56	2,9	1412-23621-01	1212-00492-04

Näytepv	Havaintopaikka	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-OES	
		Esikäsitely	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Se	U	V	Zn	
17.11.2012	Kivijoki 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		HNO3-hajotus	-	0,25	0,05	0,43	0,70	2,36	8,05	0,49	0,2	0,13	0,75	11,5	
		Suodatus	-	0,27	0,04	0,45	0,68	1,99	7,92	0,42	<0,2	0,13	0,80	11,2	
19.11.2012	Kivijoki 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		HNO3-hajotus	-	0,23	0,03	0,34	0,49	3,92	3,84	0,51	<0,2	0,11	0,83	6,0	
		Suodatus	-	0,23	0,03	0,34	0,51	4,37	3,79	0,52	<0,2	0,10	0,84	5,8	
16.11.2012	Laakajärvi 13, 1,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		HNO3-hajotus	-	0,27	0,02	0,17	0,74	2,80	3,35	0,39	<0,2	0,074	0,82	6,1	
		Suodatus	-	0,26	0,02	0,15	0,60	2,38	3,20	0,31	<0,2	0,074	0,76	6,1	
16.11.2012	Laakajärvi 13, 5,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		HNO3-hajotus	-	0,25	0,04	0,50	0,85	6,49	6,30	1,97	0,3	0,11	0,86	8,2	
		Suodatus	-	0,25	0,03	0,37	0,63	1,59	6,24	0,32	<0,2	0,10	0,78	8,0	
16.11.2012	Laakajärvi 13, 9,1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		HNO3-hajotus	-	0,25	0,05	0,41	0,61	2,12	8,55	0,35	0,2	0,13	0,77	10,2	
		Suodatus	-	0,24	0,04	0,41	0,61	2,15	8,23	0,32	<0,2	0,13	0,68	9,5	
6.11.2012	Kiltuanjärvi 4	Suodatus	-	0,23	0,03	0,14	0,66	0,85	4,89	0,23	<0,2	0,10	0,71	19,5	
6.11.2012	Kiltuanjärvi 4	Suodatus	-	0,21	0,03	0,15	0,52	0,93	5,21	0,23	<0,2	0,10	0,67	30,9	

	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES		
	Al	Ba	Ca (mg/l)	Fe	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn	Na (mg/l)	P	S	Sr	Ti	SYKE LIMS-nro	Til. LIMS-nro
	238	11	20,4	1110	0,92	6,60	525	38	<50	47976	40	3,6	I412-23638-01	I212-00502-03
	-	-	-	1194	-	-	568	-	-	-	-	-	I412-23638-01	I212-00502-03
	230	11	20,3	1049	0,92	6,59	524	38	<50	47905	40	3,3	I412-23639-01	I212-00502-04
	236	9	8,9	1114	0,51	2,95	237	16	<50	19253	23	3,4	I412-23646-01	I212-00506-03
	-	-	-	1165	-	-	250	-	-	-	-	-	I412-23646-01	I212-00506-03
	230	9	8,9	1083	0,50	2,95	238	16	<50	19189	23	3,3	I412-23647-01	I212-00506-04
	259	12	6,4	975	0,51	2,47	93	15	<50	16576	20	3,2	I412-23622-01	I212-00493-03
	-	-	-	1220	-	-	104	-	-	-	-	-	I412-23622-01	I212-00493-03
	250	12	6,3	883	0,48	2,47	92	15	<50	16571	20	2,9	I412-23623-01	I212-00493-04
	272	13	16,5	1156	0,81	5,31	322	30	<50	37768	35	4,0	I412-23624-01	I212-00493-06
	-	-	-	1282	-	-	349	-	-	-	-	-	I412-23624-01	I212-00493-06
	260	13	16,5	1056	0,77	5,31	321	30	<50	37680	35	3,4	I412-23625-01	I212-00493-07
	254	13	23,5	1090	0,99	7,34	462	41	<50	53239	46	3,8	I412-23626-01	I212-00493-09
	-	-	-	1192	-	-	491	-	-	-	-	-	I412-23626-01	I212-00493-09
	243	13	23,6	1002	0,98	7,36	461	41	<50	53472	46	3,3	I412-23627-01	I212-00493-10
	243	10,9	3,06	873	0,44	1,59	59	10	<50	9207	15	2,76	I412-23252-01	I212-00456-02
	239	10,8	3,06	822	0,43	1,60	59	10	<50	9193	15	2,54	I412-23253-01	I212-00456-03
												1,74		
												1,69		
												2,28		
												-		

### Liite 3. Talvivaara Oy:n havainnot vedenlaadusta

Vertailtaessa tuloksia tässä raportissa esitettyihin mallinnuskuviin:

Kalliojärvi = Kalliojärvi lähtevä

Kalliojoki = Kolmisoppi tuleva

Tuhkajoki = Kolmisoppi lähtevä

N/A = ei analysoitu, sjk = sähkönjohtavuus

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
04.11.2012 16:30	SALMISENPURO	6,66			N/A	N/A	N/A	N/A	
05.11.2012	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	71		
05.11.2012 16:00	SALMISENPURO	4,34			N/A	N/A	97,66		
06.11.2012 02:15	SALMISENPURO	4,47			N/A	N/A	N/A	N/A	
06.11.2012 05:30	SALMISENPURO	5,1			N/A	N/A	N/A	N/A	
06.11.2012 07:30	SALMISENPURO	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
06.11.2012 08:00	SALMISENPURO	4,5					188		
06.11.2012 12:00	SALMISENPURO	4,61			N/A	N/A	N/A	N/A	
06.11.2012 14:00	SALMISENPURO	4,53					196,9		
06.11.2012 14:30	SALMISENPURO	5,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
06.11.2012 16:00	SALMISENPURO	4,62			N/A	N/A	N/A	N/A	
06.11.2012 22:15	SALMISENPURO	6,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
07.11.2012 00:02	SALMISENPURO	7,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
07.11.2012 02:55	SALMISENPURO	7,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
07.11.2012 04:25	SALMISENPURO	5			N/A	N/A	N/A	N/A	
07.11.2012 07:15	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
07.11.2012 08:00	SALMISENPURO	4,3					-		
7.11.2012 14:00	SALMISENPURO	3,9					197		
08.11.2012 00:05	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
08.11.2012 02:30	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
08.11.2012 05:10	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
08.11.2012 08:00	SALMISENPURO	4,3					240		
08.11.2012 14:00	SALMISENPURO	4,8					387		
09.11.2012 06:40	SALMISENPURO	4,2			N/A	N/A	N/A	N/A	
09.11.2012 09:00	SALMISENPURO	4,3					-		
09.11.2012 14:00	SALMISENPURO	4,4					175		
09.11.2012 19:15	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
10.11.2012 00:50	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
10.11.2012 09:00	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	130	N/A	
10.11.2012 11:55	SALMISENPURO	4,2			N/A	N/A	130	N/A	
10.11.2012 15:10	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	137	N/A	
10.11.2012 18:30	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
10.11.2012 23:10	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 04:00	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 09:00	SALMISENPURO	4,27			N/A	N/A	126	N/A	
11.11.2012 14:01	SALMISENPURO	4,2							
11.11.2012 19:30	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 23:15	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
12.11.2012 03:10	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
12.11.2012 18:30	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 00:05	SALMISENPURO	4,2			N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 03:40	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	N/A	N/A	

	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	
		<0.03	15		13	144	0,18		0,05
		-	57		45	210,2	0,69		0,15
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,52	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,66	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,92	N/A	
		-	99		76	1380	1		0,24
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,92	N/A	
		<0.03	120		89	1628	1,2		0,27
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,9	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,28	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,43	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,43	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,42	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,46	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,23	N/A	
		-	-		-	-			
		<0.03	314		238	1142	3,6		0,82
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,46	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,1	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,49	N/A	
		<0.03	225		190	1151	2,5		0,57
		0,04	169		179	1004	2,2		0,49
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,89	N/A	
		-	-		-	-			
		<0.03	200		169	581	2,3		0,53
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,6	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,39	N/A	
	N/A	N/A	155	284	143	452	1,95	N/A	0,43
	N/A	N/A	N/A	N/A	142	428	1,8	N/A	0,44
	N/A	N/A	160	N/A	133	416	1,8	N/A	0,43
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,48	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,36	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,3	N/A	
	<0.18	<0.11	131	240	118	358	1,54	N/A	0,35
							1,3		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,07	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,1	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,03	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,84	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,85	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,83	N/A	

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
13.11.2012 14:00	SALMISENPURO	4,2					106,2		
13.11.2012 14:35	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 19:20	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 23:50	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 03:35	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 9:00	SALMISENPURO	4,3					85		
14.11.2012 14:00	SALMISENPURO	4,2					76		
14.11.2012 15:40	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 19:15	SALMISENPURO	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 23:25	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
15.11.2012 03:10	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
15.11.2012 9:00	SALMISENPURO	4,2					79		
15.11.2012 14:00	SALMISENPURO	4,49					62,27		
15.11.2012 16:50	SALMISENPURO	4,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
15.11.2012 20:06	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 0:40	SALMISENPURO	4,2			N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 3:40	SALMISENPURO	4,2			N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 9:00	SALMISENPURO	4,3					51		
16.11.2012 14:00	SALMISENPURO	4,13					47,25		
16.11.2012 17:50	SALMISENPURO	4,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
17.11.2012 01:00	SALMISENPURO	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
17.11.2012 09:20	SALMISENPURO	4,4					48		
17.11.2012 17:40	SALMISENPURO	9,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
18.11.2012 02:30	SALMISENPURO	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
18.11.2012 16:15	SALMISENPURO	4,65					47,83		
18.11.2012 12:05	SALMISENPURO	4,7					277,1		
19.11.2012 02:05	SALMISENPURO	4,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
19.11.2012 9:00	SALMISENPURO	4,6					49		
19.11.2012 14:00	SALMISENPURO	5,5							
19.11.2012 18:35	SALMISENPURO	3,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
20.11.2012 01:05	SALMISENPURO	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
20.11.2012 10:00	SALMISENPURO	4,5					38		
20.11.2012 20:20	SALMISENPURO	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
21.11.2012 02:30	SALMISENPURO	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
21.11.2012 09:00	SALMISENPURO	4,5					30		
21.11.2012 16:05	SALMISENPURO	11					121		
22.11.2012 03:03	SALMISENPURO	5,2			N/A	N/A	N/A	N/A	
22.11.2012 09:00	SALMISENPURO	5,2					36		
22.11.2012 14:00	SALMISENPURO	10,8					72		
22.11.2012 17:40	SALMISENPURO	8			N/A	N/A	N/A	N/A	
23.11.2012 02:05	SALMISENPURO	6,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
23.11.2012 9:00	SALMISENPURO	6,7					37		
23.11.2012 19:10	SALMISENPURO	7,2			N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 02:55	SALMISENPURO	7,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 10:28	SALMISENPURO	6,7			N/A	N/A	N/A	N/A	

	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
		<0,03	66		49	283,3	0,84		0,19
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,75	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,71	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,63	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,6	N/A	
		<0,03	48		46	197	0,62		0,15
		<0,03	44		41	173	0,58		0,13
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,57	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,47	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,47	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,44	N/A	
		<0,03	33		32	135	0,45		0,11
		<0,03	28		30	132,5	0,4		0,1
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,37	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,55	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,38	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,34	N/A	
		<0,03	27		28	98	0,37		0,08
		<0,03	26		27	91,45	0,35		0,08
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,29	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,3	N/A	0,07
		<0,03	22		24	75	0,31		0,07
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,26	N/A	0,08
		<0,03	18		22	59,29	0,28		0,05
		<0,03	19		22	60,92	0,29		0,07
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,27	N/A	0,06
		<0,03	15		20	67	0,24		0,05
							0,22		0,05
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,26	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,23	N/A	0,05
		0,03	14		17	69	0,22		0,07
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,23	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,21	N/A	
		<0,03	12		15	55	0,19		0,04
		<0,03	<0,05		0,11	50	0,03		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,17	N/A	
		<0,03	4,7		11	34	0,12		0,03
		<0,03	<0,05		<0,02	25	0,03		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,09	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,13	N/A	0,02
		<0,03	1,8		6,5	19	0,05		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,07	N/A	0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,06	N/A	0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,07	N/A	

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
25.11.2012 16:15	SALMISENPURO	7,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 23:40	SALMISENPURO	6,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 00:30	SALMISENPURO	6,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 10:00	SALMISENPURO	7,7					41		
26.11.2012 16:38	SALMISENPURO	9,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
27.11.2012 00:45	SALMISENPURO	10,1			N/A	N/A	N/A	N/A	
27.11.2012 10:00	SALMISENPURO	9,7	407		1.253	0.002	-	0	
27.11.2012 17:13	SALMISENPURO	10,44			N/A	N/A	N/A	N/A	
28.11.2012 03:20	SALMISENPURO	10,5	394	-	-	-	-	-	
28.11.2012 14:00	SALMISENPURO	9,67	399	-	-	-	-	-	
29.11.2012 02:05	SALMISENPURO	9,8	374	-	-	-	-	-	
29.11.2012 09:40	SALMISENPURO	8,4	399	-	-	-	-	-	
29.11.2012 15:30	SALMISENPURO	7,4	409	-	-	-	-	-	
30.11.2012 09:30	SALMISENPURO	8,2	405	-	-	-	-	-	
01.12.2012 00:40	SALMISENPURO	7	425	-	-	-	-	-	
02.12.2012 00:20	SALMISENPURO	6,45	472	-	-	-	-	-	
03.12.2012 01:35	SALMISENPURO	6,4	1217	-	-	-	-	-	
03.12.2012 13:15	SALMISENPURO	6,1	554	-	-	-	45	-	
04.12.2012 10:00	SALMISENPURO		-	-	-	-	-	-	
06.12.2012 03:50	SALMISENPURO	5,8	660	-	-	-	-	-	
07.12.2012 09:00	SALMISENPURO	5,2	640	-	0.713	0	41	0	
08.12.2012 00:15	SALMISENPURO	5,2	659	-	-	-	-	-	
09.12.2012 05:00	SALMISENPURO	5	668	-	-	-	-	-	
10.12.2012 09:00	SALMISENPURO	5	617	-	1.492	0	38	0	
11.12.2012 09:50	SALMISENPURO	4,9	619	-	-	-	-	-	
12.12.2012 09:30	SALMISENPURO	4,8	645	-	-	-	-	-	
13.12.2012 09:30	SALMISENPURO	4,8	642	-	-	-	-	-	
14.12.2012 09:30	SALMISENPURO	4,8	662	393	-	0	36	0	
15.12.2012 08:30	SALMISENPURO	4,9	663	-	-	-	-	-	
16.12.2012 09:40	SALMISENPURO	4,8	662	-	-	-	-	-	
17.12.2012 09:50	SALMISENPURO	5,4	728	-	-	-	-	-	
18.12.2012 10:00	SALMISENPURO	4,7	739	-	-	-	35	-	
19.12.2012 09:40	SALMISENPURO	4,6	778	-	-	-	-	-	
20.12.2012 09:25	SALMISENPURO	4,7	728	-	-	-	-	-	
21.12.2012 11:00	SALMISENPURO	4,7	725	351	2.502	-	-	0.011	
22.12.2012 09:10	SALMISENPURO	4,7	737	-	-	-	-	-	
23.12.2012 08:10	SALMISENPURO	4,7	719	-	-	-	-	-	
24.12.2012 08:10	SALMISENPURO	4,7	711	-	-	-	-	-	
25.12.2012 10:50	SALMISENPURO	4,8	660	-	-	-	-	-	
26.12.2012 10:35	SALMISENPURO	4,5	698	-	-	-	-	-	
27.12.2012 10:00	SALMISENPURO	4,7	681	-	-	-	-	-	
28.12.2012 09:45	SALMISENPURO	4,8	668	-	2.32	-	-	0	
29.12.2012 11:28	SALMISENPURO	4,7	664	-	-	-	-	-	
29.12.2012 15:01	SALMISENPURO	4,8	687	-	-	-	-	-	
30.12.2012 10:40	SALMISENPURO	4,2	775	-	-	-	-	-	
31.12.2012 11:00	SALMISENPURO	4,6	687	-	-	-	-	-	



	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,04	N/A	0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	0,02
		<0,03	1,6				0,03		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	0,02
	<0,05	<0,03	1,5				0,03		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,06	N/A	
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,06	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,02
	<0,05	<0,03	1,5	10,92	2,5	3,443	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02
							0,06		0,02
	-	-	-	-	-	-	0,15		0,02
	<0,05	<0,03	4	20	9,3	3,9	0,07	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,03
	<0,05	<0,03	9	27	12	9,3	0,13	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,11	-	0,03
	<0,05	<0,03	11	30	13	3,77	0,14	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,18	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,14	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,14	-	0,03
	<0,05	<0,03	9,9	30	13	31	0,13	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,22	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,24	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,16	-	0,05
	<0,05	<0,03	11	32	14	26	0,17	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,15	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,13	-	0,04
	<0,05	<0,03	<0,05	-	<0,02	12,36	0,16	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,16	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,15	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,22	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,11	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,09	-	0,03
	<0,05	<0,03	<0,05	-	<0,02	40,19	0,14	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,14	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,09	-	0,02

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	Al	As	Ca	Cd	Co	Cu	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
07.11.2012 15:00	KALLIOJÄRVI	5,8		N/A	N/A	33	N/A	<0.18	<0.11	
08.11.2012 16:20	KALLIOJÄRVI	6		N/A	N/A	40	N/A	<0.18	<0.11	
09.11.2012 16:30	KALLIOJÄRVI	5,8		N/A	N/A	45	N/A	N/A	<0.11	
10.11.2012 09:00	KALLIOJÄRVI	5,02		N/A	N/A	65	N/A	<0.18	N/A	
11.11.2012 09:00	KALLIOJÄRVI	4,87		N/A	N/A	67	N/A	<0.18	<0.11	
11.11.2012 14:00	KALLIOJÄRVI	4,9		N/A	N/A	N/A	N/A	<0.18	<0.11	
11.11.2012 19:05	KALLIOJÄRVI	4,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 23:35	KALLIOJÄRVI	4,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
12.11.2012 03:30	KALLIOJÄRVI	5		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
12.11.2012 14:00	KALLIOJÄRVI	4,9		N/A	N/A	45	N/A	<0.18	<0.11	
12.11.2012 18:30	KALLIOJÄRVI	4,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
12.11.2012 23:49	KALLIOJÄRVI	4,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 03:20	KALLIOJÄRVI	4,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 14:00	KALLIOJÄRVI	4,9		N/A	N/A	44	N/A	<0.18	<0.11	
13.11.2012 14:35	KALLIOJÄRVI	4,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 23:40	KALLIOJÄRVI	4,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 03:20	KALLIOJÄRVI	4,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 09:00	KALLIOJÄRVI	4,5		N/A	N/A	61	N/A	<0.05	<0.03	
14.11.2012 15:55	KALLIOJÄRVI	4,6		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 23:50	KALLIOJÄRVI	4,5		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
15.11.2012 09:00	KALLIOJÄRVI	4,6		N/A	N/A	N/A	N/A	<0.18	<0.11	
15.11.2012 17:00	KALLIOJÄRVI	4,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 0:20	KALLIOJÄRVI	4,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 18:10	KALLIOJÄRVI	4,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
17.11.2012 09:35	KALLIOJÄRVI	5,4		N/A	N/A	141	N/A	<0.18	<0.11	
17.11.2012 17:25	KALLIOJÄRVI	5,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
18.11.2012 02:45	KALLIOJÄRVI	5,8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
18.11.2012 11:45	KALLIOJÄRVI	6,4		N/A	N/A	100	N/A	<0.18	<0.11	
18.11.2012 16:00	KALLIOJÄRVI	5,3		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
19.11.2012 02:13	KALLIOJÄRVI	5,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
19.11.2012 18:50	KALLIOJÄRVI	4,2		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
20.11.2012 01:21	KALLIOJÄRVI	5,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
20.11.2012 20:00	KALLIOJÄRVI	7,6		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
21.11.2012 02:20	KALLIOJÄRVI	9,3		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
21.11.2012 09:00	KALLIOJÄRVI	8,4		N/A	N/A	101	N/A	<0.18	<0.11	
22.11.2012 00:00	KALLIOJÄRVI	6,5		N/A	N/A	63	N/A	<0.18	<0.11	
22.11.2012 03:19	KALLIOJÄRVI	6,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
22.11.2012 17:30	KALLIOJÄRVI	6,3		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
23.11.2012 01:45	KALLIOJÄRVI	6,8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
23.11.2012 18:30	KALLIOJÄRVI	8,2		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 02:40	KALLIOJÄRVI	7,5		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 10:47	KALLIOJÄRVI	5,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 10:50	KALLIOJÄRVI	7,8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 09:20	KALLIOJÄRVI	7,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 09:20	KALLIOJÄRVI	5,6		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 16:30	KALLIOJÄRVI	8,4		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	Zn	U
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
	1	12	<0,18	69	<0,55	<0,13	N/A
	2	18	0,4	102	<0,55	<0,13	N/A
	2	N/A	1,2	102	<0,55	<0,13	N/A
	4	39	5,84	178	<0,55	<0,13	N/A
	7	44	7,25	189	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,13		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,15		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,11		N/A
	4	26	3,95	117	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,15		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,14		N/A
	3	25	3,04	118	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,11		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,15		N/A
	9	43	9,2	174	0,11	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,23		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,23		N/A
	12	N/A	N/A	N/A	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,24		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,25		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,18		N/A
	5,6	42	12	155	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,1	0,04	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,08	0,02	N/A
	1,76	24,8	6,76	99,9	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03		N/A
	0,65	17	3,5	64	<0,55	<0,13	N/A
	1,25	15	5,2	38	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	<0,55		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,22		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,12	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,04	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	Al	As	Ca	Cd	Co	Cu	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
25.11.2012 23:25	KALLIOJÄRVI	8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 23:40	KALLIOJÄRVI	8,4		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 10:00	KALLIOJÄRVI	8,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 10:00	KALLIOJÄRVI	5,5		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 16:55	KALLIOJÄRVI	5,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
27.11.2012 01:00	KALLIOJÄRVI	9,5		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
27.11.2012 10:00	KALLIOJÄRVI	10	509	0.872	-0.003	-	0	<0.05	<0.03	
27.11.2012 17:29	KALLIOJÄRVI	5,64		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
28.11.2012 3:40	KALLIOJÄRVI	9,5	496	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
28.11.2012 10:45	KALLIOJÄRVI	9,5	495	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
28.11.2012 18:35	KALLIOJÄRVI	8,7	495	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
29.11.2012 02:20	KALLIOJÄRVI	6,2	240	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
29.11.2012 09:40	KALLIOJÄRVI	9,4	532	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
29.11.2012 16:00	KALLIOJÄRVI	9	538	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
30.11.2012 09:30	KALLIOJÄRVI	9,2	536	-	-	-	-	<0.05	<0.03	
01.12.2012 00:50	KALLIOJÄRVI	9,4	570	-	-	-	-	-	-	
02.12.2012 00:15	KALLIOJÄRVI	6,41	421	-	-	-	-	-	-	
03.12.2012 01:20	KALLIOJÄRVI	8,7	657	-	-	-	-	-	-	
03.12.2012 09:00	KALLIOJÄRVI	8	634	-	-	-	-	-	-	
04.12.2012 10:00	KALLIOJÄRVI	7,9	652	1.15	0.004	71	0	<0.05	<0.03	
06.12.2012 03:30	KALLIOJÄRVI	7,5	771	-	-	-	-	-	-	
07.12.2012 09:00	KALLIOJÄRVI	7,2	646	0.644	0	69	0	<0.05	<0.03	
08.12.2012 00:35	KALLIOJÄRVI	7,3	666	-	-	-	-	-	-	
09.12.2012 05:00	KALLIOJÄRVI	7	644	-	-	-	-	-	-	
10.12.2012 09:00	KALLIOJÄRVI	6,8	577	-	-	-	-	-	-	
11.12.2012 09:50	KALLIOJÄRVI	6,7	593	-	-	-	-	-	-	
12.12.2012 09:30	KALLIOJÄRVI	6,7	496	0.674	0.023	42	0	<0.05	<0.03	
13.12.2012 09:30	KALLIOJÄRVI	6,6	513	-	-	-	-	-	-	
14.12.2012 09:30	KALLIOJÄRVI	6,6	459	-	0	36	0.02	<0.05	<0.03	
15.12.2012 08:55	KALLIOJÄRVI	6,3	640	-	-	-	-	-	-	
16.12.2012 09:55	KALLIOJÄRVI	6	623	-	-	-	-	-	-	
17.12.2012 09:50	KALLIOJÄRVI	6,2	669	-	-	-	-	-	-	
18.12.2012 10:00	KALLIOJÄRVI	6	652	-	-	45	-	<0.05	<0.03	
19.12.2012 09:40	KALLIOJÄRVI	5,9	698	-	-	-	-	-	-	
20.12.2012 09:25	KALLIOJÄRVI	5,7	682	-	-	-	-	-	-	
21.12.2012 11:00	KALLIOJÄRVI	5,8	629	0.591	-	-	0.012	<0.05	<0.03	
22.12.2012 09:18	KALLIOJÄRVI	5,3	715	-	-	-	-	-	-	
23.12.2012 08:25	KALLIOJÄRVI	5,1	720	-	-	-	-	-	-	
24.12.2012 08:20	KALLIOJÄRVI	5,1	774	-	-	-	-	-	-	
25.12.2012 11:05	KALLIOJÄRVI	5,2	720	-	-	-	-	-	-	
26.12.2012 10:45	KALLIOJÄRVI	5,1	762	-	-	-	-	-	-	
27.12.2012 10:00	KALLIOJÄRVI	5	768	-	-	-	-	-	-	
28.12.2012 09:45	KALLIOJÄRVI	5,1	728	1.02	-	-	0	<0.05	<0.03	
29.12.2012 11:22	KALLIOJÄRVI	5,1	783	-	-	-	-	-	-	
30.12.2012 11:00	KALLIOJÄRVI	3,9	867	-	-	-	-	-	-	
31.12.2012 11:00	KALLIOJÄRVI	5,1	809	-	-	-	-	-	-	

	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	Zn	U
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,04	N/A	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,04	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	0,68	-	-	-	0,03	0,02	0,041
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03		0,00
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	-
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	-
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,08		0,0
	N/A	N/A	N/A	N/A	0,08	0,02	-
	0,97	9,581	1,2	25,65	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-		0,02	-
	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	1,1	13	2	27	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	1,6	15	3,5	23	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	0,07	0,02	-
	-	-	-	-	0,13	0,02	-
	2,4	14,16	4,9	3,409	0,05	0,02	-
	-	-	-	-	0,09	0,02	-
	2,5	13	4,7	29	0,04	0,03	-
	-	-	-	-	0,12	0,02	-
	-	-	-	-	0,18	0,02	-
	-	-	-	-	0,08	0,02	-
	5,8	23	9,3	24	0,09	0,02	-
	-	-	-	-	0,09	0,02	-
	-	-	-	-	0,1	0,02	-
	<0,05	-	<0,02	6,189	0,13	0,03	-
	-	-	-	-	0,11	0,02	-
	-	-	-	-	0,14	0,02	-
	-	-	-	-	0,25	0,03	-
	-	-	-	-	0,2	0,03	-
	-	-	-	-	0,09	0,02	-
	-	-	-	-	0,1	0,03	-
	<0,05	-	<0,02	53,46	0,13	0,03	-
	-	-	-	-	0,11	0,02	-
	-	-	-	-	0,14	0,02	-
	-	-	-	-	0,07	0,02	-

Päivä	Näyte	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
01.11.2012	KALLIOJOKI	5,6		-			-		
05.11.2012	KALLIOJOKI	5,1		-			12		
05.11.2012 16:00	KALLIOJOKI	5,26		-			14,98		
06.11.2012 08:00	KALLIOJOKI	5,3		-			15		
06.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	4,51		-			16,93		
07.11.2012 08:00	KALLIOJOKI	5,2		-			20		
7.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	5,5		-			22		
08.11.2012 08:00	KALLIOJOKI	5,2		-			23		
08.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	5,3		-			24		
09.11.2012 09:00	KALLIOJOKI	4,7		-			-		
10.11.2012 09:00	KALLIOJOKI	4,9		-			27,15		
10.11.2012 14:45	KALLIOJOKI	4,9		-			27		
11.11.2012 00:15	KALLIOJOKI	4,8							
11.11.2012 09:00	KALLIOJOKI	4,79		-			27,35		
11.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	4,8		-			25,86		
11.11.2012 14:50	KALLIOJOKI	4,8		-			26,78		
11.11.2012 18:35	KALLIOJOKI	4,9							
12.11.2012 00:20	KALLIOJOKI	4,7							
12.11.2012 04:00	KALLIOJOKI	5							
12.11.2012 9:00	KALLIOJOKI	4,7							
12.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	4,7							
12.11.2012 18:30	KALLIOJOKI	4,7							
12.11.2012 23:15	KALLIOJOKI	5							
13.11.2012 9:00	KALLIOJOKI	4,8					9		
13.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	4,8					10,07		
13.11.2012 14:35	KALLIOJOKI	4,8							
13.11.2012 18:50	KALLIOJOKI	4,7							
13.11.2012 23:10	KALLIOJOKI	4,8							
14.11.2012 02:50	KALLIOJOKI	4,9							
14.11.2012 9:00	KALLIOJOKI	4,5					20		
14.11.2012 16:10	KALLIOJOKI	4,6		N/A			N/A		
14.11.2012 19:30	KALLIOJOKI	4,5		N/A			N/A		
14.11.2012 23:15	KALLIOJOKI	4,5		N/A			N/A		
15.11.2012 03:40	KALLIOJOKI	4,5		N/A			N/A		
15.11.2012 9:00	KALLIOJOKI	4,5					39		
15.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	4,84					42,72		
15.11.2012 17:20	KALLIOJOKI	4,6		N/A			N/A		
15.11.2012 20:25	KALLIOJOKI	4,7		N/A			N/A		
15.11.2012 23:40	KALLIOJOKI	4,6		N/A			N/A		
16.11.2012 3:15	KALLIOJOKI	4,5		N/A			N/A		
16.11.2012 09:00	KALLIOJOKI	4,5					45		
16.11.2012 18:30	KALLIOJOKI	4,6		N/A			N/A		
17.11.2012 01:20	KALLIOJOKI	4,7		N/A			N/A		
17.11.2012 11:00	KALLIOJOKI	4,6					49		
17.11.2012 18:03	KALLIOJOKI	8,5		N/A			N/A		
18.11.2012 03:00	KALLIOJOKI	6		N/A			N/A		
18.11.2012 11:15	KALLIOJOKI	11,6					182		

Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
		-		-	-	0,03		0,1
		1,4		0,11	11	0,03		0,14
		1,4		0,15	11,9	0,03		0,03
		1,4		0,15	16	0,03		0,04
		<0.05		0,17	20,07	0,03		0,02
		1,4		0,18	34	0,03		0,05
		1,4		0,23	38	0,03		0,05
		1,6		0,6	32	0,03		0,06
		1,6		0,6	34	0,03		0,06
		-		-	-			
		2,1		2	52,23	0,04		0,08
		2,6		2,2	56	0,04		0,08
						0,09		
		5,4		4,6	60,6	0,09		0,09
		-		2,5	56,93	0,05		0,09
		-		2,5	59,42	0,06		0,08
						0,1		
						0,13		
						0,09		
						0,06		0,08
						0,05		0,08
						0,07		
						0,07		
		1,9		0,84	13	0,03		0,03
		2		0,97	13,65	0,03		0,04
						0,03		
						0,06		
						0,07		
						0,1		
		3,8		3,1	49	0,05		0,05
		N/A		N/A	N/A	0,08		
		N/A		N/A	N/A	0,08		
		N/A		N/A	N/A	0,09		
		N/A		N/A	N/A	0,09		
		4,6		5	59	0,08		0,08
		4,6		6,1	65,49	0,09		0,09
		N/A		N/A	N/A	0,11		
		N/A		N/A	N/A			
		N/A		N/A	N/A	0,11		
		N/A		N/A	N/A	0,11		
		5,3		6,8	60	0,1		0,09
		N/A		N/A	N/A	0,1		
		N/A		N/A	N/A	0,1		0,11
		3,1		5,2	56,55	0,43		0,11
		N/A		N/A	N/A	0,06		0,05
		N/A		N/A	N/A	0,06		0,1
		<0,05		<0,02	34	0,03		0,02

Päivä	Näyte	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
18.11.2012 16:15	KALLIOJOKI	11,8					150		
19.11.2012 02:40	KALLIOJOKI	11		N/A			N/A		
19.11.2012 9:00	KALLIOJOKI	10,9					55		
19.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	11							
19.11.2012 19:15	KALLIOJOKI	10,6		N/A			N/A		
20.11.2012 00:43	KALLIOJOKI	10,4		N/A			N/A		
20.11.2012 10:00	KALLIOJOKI	9,9					32		
20.11.2012 14:30	KALLIOJOKI	10					34		
20.11.2012 19:00	KALLIOJOKI	9,6		N/A			N/A		
21.11.2012 03:00	KALLIOJOKI	9,2		N/A			N/A		
21.11.2012 09:00	KALLIOJOKI	8,9							
21.11.2012 16:30	KALLIOJOKI	9,5							
22.11.2012 03:45	KALLIOJOKI	9,3		N/A			N/A		
22.11.2012 09:00	KALLIOJOKI	8,5							
22.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	8,9					20		
22.11.2012 16:50	KALLIOJOKI	7,4		N/A			N/A		
23.11.2012 02:25	KALLIOJOKI	7,4		N/A			N/A		
23.11.2012 9:00	KALLIOJOKI	7,4					19		
23.11.2012 14:00	KALLIOJOKI	7,2		19			1,1		
23.11.2012 17:15	KALLIOJOKI	7,5		N/A			N/A		
24.11.2012 03:20	KALLIOJOKI	7,2		N/A			N/A		
24.11.2012 09:54	KALLIOJOKI	6,7		N/A			N/A		
24.11.2012	KALLIOJOKI	6,7		-			23		
25.11.2012 08:30	KALLIOJOKI	6,6		-			21		
25.11.2012 16:50	KALLIOJOKI	3,1		N/A			N/A		
25.11.2012 22:55	KALLIOJOKI	6,7		N/A			N/A		
25.11.2012 23:15	KALLIOJOKI	6,5		N/A			N/A		
26.11.2012 10:00	KALLIOJOKI	7,1		-			-		
26.11.2012 17:57	KALLIOJOKI	7,4		N/A			N/A		
27.11.2012 01:20	KALLIOJOKI	7,4		N/A			N/A		
27.11.2012 10:00	KALLIOJOKI	6,9	194	-	0.746	0.006	-	0	
27.11.2012 17:48	KALLIOJOKI	7,62		N/A			N/A		
28.11.2012 04:00	KALLIOJOKI	7,7	200	-	-	-	-	-	
28.11.2012 10:45	KALLIOJOKI	6,8	206	-	-	-	-	-	
28.11.2012 16:30	KALLIOJOKI	6,7	205	-	-	-	-	-	
29.11.2012 02:40	KALLIOJOKI	7,1	225	-	-	-	-	-	
29.11.2012 09:40	KALLIOJOKI	6,8	235	-	-	-	-	-	
29.11.2012 16:20	KALLIOJOKI	6,9	242	-	-	-	-	-	
30.11.2012 09:30	KALLIOJOKI	7,9	255	-	-	-	-	-	
01.12.2012 01:00	KALLIOJOKI	4,5	737	-	-	-	-	-	
02.12.2012 00:25	KALLIOJOKI	6,78	287	-	-	-	-	-	
03.12.2012 02:15	KALLIOJOKI	6,8	321	-	-	-	-	-	
03.12.2012 09:00	KALLIOJOKI	6,5	330	-	-	-	35,14	-	
04.12.2012 10:00	KALLIOJOKI	6,7	327	-	-	-	-	-	
06.12.2012	KALLIOJOKI	6,6	332	-	-	-	-	-	
07.12.2012 09:00	KALLIOJOKI	6,6	338	-	0.404	0	38	0	



	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
			<0,05		0,02	41	0,03		0,02
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,02
			0,85		0,49	27	0,03		0,03
							0,03		0,06
			N/A		N/A	N/A	0,06		
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,04
			1,1		0,58	17	0,03		0,04
			1,1		0,47	15	0,03		0,04
			N/A		N/A	N/A	0,05		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
							0,03		0,03
							0,03		0,03
			N/A		N/A	N/A	0,04		
							0,03		0,04
			1,3		0,94	0	0,03		0,04
			N/A		N/A	N/A	0,12		
			N/A		N/A	N/A	0,09		0,04
			1,2		1,2	0,96	0,03		0,05
			1,3		1,5		0,03		0,05
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,05
			N/A		N/A	N/A	0,08		0,07
			N/A		N/A	N/A	0,05		
			1		1,2	0,09	0,03		0,06
			1		0,99	1,2	0,04		0,07
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,11
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,11
			1,1		-	-	0,03		0,08
			N/A		N/A	N/A	<0.55		<0.13
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,02
	<0.05	<0.03	1	-	-	-	0,03	0.045	0,07
			N/A		N/A	N/A	0,07		
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,09	-	0,04
	<0.05	<0.03	1,1	4.198	0,6	0	0,04	-	0,06
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,13	-	0,05
	<0.05	<0.03	1	3	0,67	1,29	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,06
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,1
	<0.05	<0.03	0,97	4.4	0,55	0	0,03	-	

Päivä	Näyte	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
08.12.2012 00:55	KALLIOJOKI	7	354	-	-	-	-	-	
09.12.2012 05:00	KALLIOJOKI	7	345	-	-	-	-	-	
10.12.2012 09:00	KALLIOJOKI	7,3	335	-	-	-	-	-	
11.12.2012 09:50	KALLIOJOKI	7,8	336	-	-	-	-	-	
12.12.2012 09:30	KALLIOJOKI	8,1	357	-	0.517	0.029	0,001	49	
13.12.2012 09:30	KALLIOJOKI	7,5	359	-	-	-	-	-	
14.12.2012 09:30	KALLIOJOKI	8,2	368	168	-	0	49	0	
15.12.2012 09:15	KALLIOJOKI	9,4	365	-	-	-	-	-	
16.12.2012 08:14	KALLIOJOKI	9,6	391	-	-	-	-	-	
17.12.2012 09:50	KALLIOJOKI	9,9	410	-	-	-	-	-	
18.12.2012 10:00	KALLIOJOKI	9,6	419	-	-	-	58	-	
19.12.2012 09:40	KALLIOJOKI	8,8	447	-	-	-	-	-	
20.12.2012 09:25	KALLIOJOKI	8,8	454	-	-	-	-	-	
21.12.2012 11:00	KALLIOJOKI	9,4	481	217	0.182	-	-	0.014	
22.12.2012 10:50	KALLIOJOKI	9,2	493	-	-	-	-	-	
23.12.2012 11:35	KALLIOJOKI	9,1	495	-	-	-	-	-	
24.12.2012 08:45	KALLIOJOKI	9,6	509	-	-	-	-	-	
25.12.2012 11:25	KALLIOJOKI	9,5	504	-	-	-	-	-	
26.12.2012 10:10	KALLIOJOKI	8,6	516	-	-	-	-	-	
27.12.2012 10:00	KALLIOJOKI	7,2	542	-	-	-	-	-	
28.12.2012 09:45	KALLIOJOKI	7,2	485	-	0.194	-	-	0	
29.12.2012 09:05	KALLIOJOKI	7,9	452	-	-	-	-	-	
30.12.2012 10:15	KALLIOJOKI	6	467	-	-	-	-	-	
31.12.2012 11:00	KALLIOJOKI	6,8	415	-	-	-	-	-	

	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,06
	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,03
	<0.05	<0.03	1,1	4.410	0,99	-	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,03
	<0.05	<0.03	1,2	4.5	1,2	4	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,06	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,11	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02
	<0.05	<0.03	1,3	4.642	1,2	0	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02
	<0.05	<0.03	<0.05	-	<0.02	0	0,05	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,06	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,11	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,1
	<0.05	<0.03	<0.05	-	<0.02	6,75	0,06	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02

Päivä	Näyte	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
01.11.2012	TUHKAJOKI	5,6		-			-		
07.11.2012 08:00	TUHKAJOKI	5,5		-			-		
08.11.2012 08:00	TUHKAJOKI	5,8		-			-		
09.11.2012 09:00	TUHKAJOKI	6		-			-		
10.11.2012 09:00	TUHKAJOKI	5,48		-			-		
10.11.2012 14:30	TUHKAJOKI	5,5		-			-		
11.11.2012 00:40	TUHKAJOKI	5,5							
11.11.2012 klo ?	TUHKAJOKI	6		-			-		
11.11.2012 09:00	TUHKAJOKI	5,46		-			-		
11.11.2012 14:30	TUHKAJOKI	5,5		-			-		
11.11.2012 18:00	TUHKAJOKI	5,4							
12.11.2012 00:40	TUHKAJOKI	5,6							
12.11.2012 04:25	TUHKAJOKI	5,7							
12.11.2012 9:00	TUHKAJOKI	5,9							
12.11.2012 18:30	TUHKAJOKI	5,5							
12.11.2012 22:45	TUHKAJOKI	5,6							
13.11.2012 02:30	TUHKAJOKI	5,5							
13.11.2012 03:00	TUHKAJOKI	4,9							
13.11.2012 9:00	TUHKAJOKI	5,5							
13.11.2012 14:35	TUHKAJOKI	5,5							
13.11.2012 18:30	TUHKAJOKI	5,5							
13.11.2012 22:45	TUHKAJOKI	5,6							
14.11.2012 02:30	TUHKAJOKI	5,6							
14.11.2012 9:00	TUHKAJOKI	5,6							
14.11.2012 16:35	TUHKAJOKI	5,7		N/A			N/A		
14.11.2012 19:50	TUHKAJOKI	5,6		N/A			N/A		
14.11.2012 23:00	TUHKAJOKI	5,6		N/A			N/A		
15.11.2012 04:05	TUHKAJOKI	5,5		N/A			N/A		
15.11.2012 9:00	TUHKAJOKI	5,6							
15.11.2012 14:00	TUHKAJOKI	5,6							
15.11.2012 17:40	TUHKAJOKI	5,5		N/A			N/A		
15.11.2012 20:45	TUHKAJOKI	5,3		N/A			N/A		
15.11.2012 23:10	TUHKAJOKI	5,4		N/A			N/A		
16.11.2012 2:50	TUHKAJOKI	5,5		N/A			N/A		
16.11.2012 9:00	TUHKAJOKI	5,5							
16.11.2012 14:00	TUHKAJOKI	5,48							
16.11.2012 18:55	TUHKAJOKI	5,6		N/A			N/A		
17.11.2012 01:30	TUHKAJOKI	5,5		N/A			N/A		
18.11.2012 10:50	TUHKAJOKI	5,5		N/A			N/A		
19.11.2012 02:58	TUHKAJOKI	5,6		N/A			N/A		
19.11.2012 9:00	TUHKAJOKI	5,7							
19.11.2012 14:00	TUHKAJOKI	5,9							
20.11.2012 10:00	TUHKAJOKI	5,5							
20.11.2012 14:30	TUHKAJOKI								
20.11.2012 19:00	TUHKAJOKI	5,8		N/A			N/A		
21.11.2012 09:00	TUHKAJOKI	5,6		-			-		

	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
			-		-	-	0,03		0,06
			-		-	-	0,03		0,05
			-		-	-	0,03		0,03
			-		-	-			
			-		-	-	0,03		0,03
			-		-	-	0,05		0,08
							0,04		
			-		-	-	0,03		0,04
			-		-	-	0,03		0,03
			-		-	-	0,04		0,03
							0,06		
							0,09		
							0,05		
							0,03		0,03
							0,03		
							0,04		
							0,03		
							0,04		
							0,03		0,03
							0,03		
							0,04		
							0,05		
							0,07		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
							0,03		0,08
							0,03		0,04
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
							0,03		0,03
							0,06		0,05
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,05
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,03
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,03
							0,03		0,03
							0,07		0,04
							0,05		0,1
							0,07		0,04
			N/A		N/A	N/A	0,04		
			-		-	-	0,05		0,04

Päivä	Näyte	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
21.11.2012 17:00	TUHKAJOKI	5,9		-			-		
22.11.2012 09:00	TUHKAJOKI	5,9		-			-		
22.11.2012 14:00	TUHKAJOKI	5,7							
22.11.2012 16:40	TUHKAJOKI	5,9		N/A			N/A		
23.11.2012 9:00	TUHKAJOKI	6,1							
23.11.2012 14:00	TUHKAJOKI	5,7		-			-		
24.11.2012 10:12	TUHKAJOKI	6		N/A			N/A		
24.11.2012 16:55	TUHKAJOKI	5,8		N/A			N/A		
25.11.2012 08:15	TUHKAJOKI	5,9		-			-		
25.11.2012 22:40	TUHKAJOKI	5,9		N/A			N/A		
25.11.2012 22:50	TUHKAJOKI	5,9		N/A			N/A		
26.11.2012 10:00	TUHKAJOKI	5,8		-			-		
27.11.2012 10:00	TUHKAJOKI	6,1	250	-	0.761	0.002	-	0.001	
28.11.2012 10:45	TUHKAJOKI	6	234	-	-	-	-	-	
29.11.2012 09:40	TUHKAJOKI	6,5	228	-	-	-	-	-	
30.11.2012 09:30	TUHKAJOKI	6,5	233	-	-	-	-	-	
01.12.2012 01:15	TUHKAJOKI	5,7	240	-	-	-	-	-	
02.12.2012 01:00	TUHKAJOKI	6,53	231	-	-	-	-	-	
03.12.2012 02:40	TUHKAJOKI	6,3	265	-	-	-	-	-	
03.12.2012 09:00	TUHKAJOKI	6,2	265	-	-	-	13,65	-	
04.12.2012 10:00	TUHKAJOKI	6,4	263	-	-	-	-	-	
06.12.2012 04:27	TUHKAJOKI	6,5	259	-	-	-	-	-	
07.12.2012 09:00	TUHKAJOKI	6,3	252	-	0.459	0	14	0	
08.12.2012 02:58	TUHKAJOKI	6,2	274	-	-	-	-	-	
09.12.2012 05:00	TUHKAJOKI	6,3	259	-	-	-	-	-	
10.12.2012 09:00	TUHKAJOKI	6,2	230	-	-	-	-	-	
11.12.2012 09:50	TUHKAJOKI	6,2	227	-	-	-	-	-	
12.12.2012 09:30	TUHKAJOKI	6,2	235	-	0.557	0.020	14	0	
13.12.2012 09:30	TUHKAJOKI	6,2	233	-	-	-	-	-	
14.12.2012 09:30	TUHKAJOKI	6,3	686	109	-	0	14	0	
15.12.2012 09:40	TUHKAJOKI	6,4	241	-	-	-	-	-	
16.12.2012 07:53	TUHKAJOKI	6,1	238	-	-	-	-	-	
17.12.2012 09:50	TUHKAJOKI	6,4	239	-	-	-	-	-	
18.12.2012 10:00	TUHKAJOKI	6,3	239	-	-	-	13	-	
19.12.2012 09:40	TUHKAJOKI	6,2	247	-	-	-	-	-	
20.12.2012 09:25	TUHKAJOKI	6,2	237	-	-	-	-	-	
21.12.2012 11:00	TUHKAJOKI	6,3	239	99	0.265	-	-	0.014	
22.12.2012 11:30	TUHKAJOKI	6,3	237	-	-	-	-	-	
23.12.2012 11:10	TUHKAJOKI	6	235	-	-	-	-	-	
24.12.2012 09:15	TUHKAJOKI	6,1	236	-	-	-	-	-	
25.12.2012 11:45	TUHKAJOKI	6,2	232	-	-	-	-	-	
26.12.2012 08:25	TUHKAJOKI	6,2	230	-	-	-	-	-	
27.12.2012 10:00	TUHKAJOKI	6,2	226	-	-	-	-	-	
28.12.2012 09:45	TUHKAJOKI	6,2	225	-	0.270	-	-	0	
29.12.2012 08:43	TUHKAJOKI	6,2	232	-	-	-	-	-	
30.12.2012 08:50	TUHKAJOKI	5,2	271	-	-	-	-	-	
31.12.2012 11:00	TUHKAJOKI	6,1	229	-	-	-	-	-	

	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l
			-		-	-	0,07		0,04
			-		-	-	0,03		0,02
							0,03		0,03
			N/A		N/A	N/A			
							0,06		0,02
			-		-	-	0,03		0,03
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		0,03
			-		-	-	0,03		0,05
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			N/A		N/A	N/A	0,03		
			-		-	-	0,03		0,04
	<0.05	<0.03	1,7				0,03	0.056	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,07	-	0,04
	<0.05	<0.03	1,5	4.543	0,45	10,22	0,03	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,04
	<0.05	<0.03	1,5	3.02	0,6	12,27	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,05
	<0.05	<0.03	1,4	3.562	0,19	4,844	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,04
	<0.05	<0.03	1,5	3.783	0,34	0	0,03	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,03
	<0.05	<0.03	1,5	3.9	0,43	17	0,03	-	0,08
	-	-	-	-	-	-	0,07	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,04
	<0.05	<0.03	1,4	3.731	0,44	4,339	0,03	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,04
	<0.05	<0.03	<0.05	-	<0.02	0	0,05	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,13	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,03
	<0.05	<0.03	<0.05	-	<0.02	12,01	0,03	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,02

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
05.11.2012 16:00	LUMIJOKI	6,29							
06.11.2012 08:00	LUMIJOKI	7,2							
06.11.2012 14:00	LUMIJOKI	6,99							
07.11.2012 08:00	LUMIJOKI	6,7							
07.11.2012 14:00	LUMIJOKI	6,5							
08.11.2012 08:00	LUMIJOKI	6,5							
08.11.2012 09:50	LUMIJOKI	6,1							
08.11.2012 14:00	LUMIJOKI	6,3							
08.11.2012 15:15	LUMIJOKI	6,2			N/A	N/A	25	N/A	
08.11.2012 19:15	LUMIJOKI	6,2							
08.11.2012 22:55	LUMIJOKI	6,3							
09.11.2012 02:40	LUMIJOKI	6,3							
09.11.2012 09:00	LUMIJOKI	6,2							
09.11.2012 10:24	LUMIJOKI	5,77							
09.11.2012 14:00	LUMIJOKI	6,2							
09.11.2012 15:30	LUMIJOKI	6,3			N/A	N/A	31	N/A	
09.11.2012 19:00	LUMIJOKI	6,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
10.11.2012 04:15	LUMIJOKI	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
10.11.2012 09:00	LUMIJOKI	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
10.11.2012 12:00	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	156	N/A	
10.11.2012 15:40	LUMIJOKI	4,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
10.11.2012 19:10	LUMIJOKI	5,1			N/A	N/A	N/A	N/A	
10.11.2012 22:40	LUMIJOKI	5			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 02:50	LUMIJOKI	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 09:00	LUMIJOKI	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 14:00	LUMIJOKI	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 16:00	LUMIJOKI	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 20:05	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
11.11.2012 22:40	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
12.11.2012 02:40	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
12.11.2012 9:00	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	333	N/A	
12.11.2012 14:00	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
12.11.2012 19:30	LUMIJOKI	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 00:40	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 04:25	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 9:00	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	179	N/A	
13.11.2012 14:00	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	167	N/A	
13.11.2012 16:30	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
13.11.2012 20:00	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 00:30	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 04:15	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 9:00	LUMIJOKI	4,4			N/A	N/A	100	N/A	
14.11.2012 14:00	LUMIJOKI	4,4					91		
14.11.2012 15:15	LUMIJOKI	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
14.11.2012 19:00	LUMIJOKI	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
15.11.2012 00:30	LUMIJOKI	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	



	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l
							0,03		0,02
							0,03		0,02
							0,03		0,02
							0,03		0,02
							0,03		0,02
							0,03		0,02
							0,03		0,05
	<0.18	<0.11	1	7	0,82	5	0,55		0,13
							0,08		
							0,04		
							0,03		
							0,03		
							0,03		
							0,03		
	N/A	<0.11	1	N/A	0,78	6	0,55		0,13
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,21		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,75		
	N/A	N/A	N/A	N/A	130	253	1,4		0,73
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,6		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,4		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,8		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,3		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,9		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7,2		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7,8		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8,43		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8,4		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8,1		
	N/A	N/A	493	N/A	561	986	6,9		3,1
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,5		2,4
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,51		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,62		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,03		
	N/A	N/A	147	N/A	195	500	2,1		0,9
	N/A	N/A	119	N/A	166	457,2	1,7		0,73
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,66		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,57		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,86		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,24		
	N/A	N/A	97	N/A	128	227	1,5		0,73
			87		111	192	1,4		0,68
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,23		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,01		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,01		

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
15.11.2012 02:40	LUMIJOKI	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
15.11.2012 9:00	LUMIJOKI	4,7					105		
15.11.2012 14:00	LUMIJOKI	4,63					83,26		
15.11.2012 16:30	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
15.11.2012 19:45	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 1:15	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 4:10	LUMIJOKI	4,6			N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 9:00	LUMIJOKI	4,5					72		
16.11.2012 14:00	LUMIJOKI	5,04					138,8		
16.11.2012 17:25	LUMIJOKI	5,2			N/A	N/A	N/A	N/A	
17.11.2012 00:10	LUMIJOKI	5,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
17.11.2012 08:50	LUMIJOKI	5,1					95		
17.11.2012 16:06	LUMIJOKI	5,1			N/A	N/A	N/A	N/A	
18.11.2012 02:10	LUMIJOKI	5,1			N/A	N/A	N/A	N/A	
18.11.2012 09:00	LUMIJOKI	5,1			N/A	N/A	57,74	N/A	
18.11.2012 16:15	LUMIJOKI	4,88			N/A	N/A	53,56	N/A	
19.11.2012 01:02	LUMIJOKI	4,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
19.11.2012 9:00	LUMIJOKI	4,8					44		
19.11.2012 14:00	LUMIJOKI	4,9					39		
19.11.2012 18:10	LUMIJOKI	4,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
20.11.2012 01:51	LUMIJOKI	4,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
20.11.2012 10:00	LUMIJOKI	4,9					30		
20.11.2012 14:30	LUMIJOKI	4,9					27		
20.11.2012 21:20	LUMIJOKI	4,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
21.11.2012 01:40	LUMIJOKI	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
21.11.2012 09:00	LUMIJOKI	4,7					25		
21.11.2012 15:10	LUMIJOKI	4,6					29		
22.11.2012 02:09	LUMIJOKI	4,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
22.11.2012 09:00	LUMIJOKI	4,4					39		
22.11.2012 14:00	LUMIJOKI	4,5					35		
22.11.2012 20:00	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
23.11.2012 00:45	LUMIJOKI	6,4			N/A	N/A	N/A	N/A	
23.11.2012 9:00	LUMIJOKI	6,4					55		
23.11.2012 14:00	LUMIJOKI	5,7			-		44		
23.11.2012 19:40	LUMIJOKI				N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 01:30	LUMIJOKI	4,8			N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 07:50	LUMIJOKI	5,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 16:00	LUMIJOKI	5,5			N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 02:10	LUMIJOKI	4,7			N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 07:40	LUMIJOKI	5,7					27		
25.11.2012 15:40	LUMIJOKI	3,1			N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 02:00	LUMIJOKI	5,3			N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 10:00	LUMIJOKI	5,3					18		
26.11.2012 16:15	LUMIJOKI	5,2			N/A	N/A	N/A	N/A	
27.11.2012 00:10	LUMIJOKI	4,9			N/A	N/A	N/A	N/A	
27.11.2012 10:00	LUMIJOKI	5,3			0.565				

	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,94		
			41		76	136	0,81		
			46		71	135	0,82		0,4
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,7		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,71		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,69		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,64		
			37		59	118	0,62		0,29
			12		32	107,1	0,26		0,11
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,18		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,16		0,06
			13		31	92	0,25		0,1
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,27		0,12
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,26		0,12
	N/A	N/A	17		32	77,92	0,3		0,12
	N/A	N/A	17		31	73,49	0,27		0,1
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,28		0,12
			15		28	74	0,23		0,1
			13		24	62	0,21		0,11
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,2		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,16		0,08
			9		18	52	0,15		0,09
			7,8		16	42	0,13		0,05
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,16		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,15		
			8,8		16	35	0,14		0,06
			11		19	37	0,18		0,07
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<0,55		
			10		21	28	0,21		0,07
			10		19	22	0,19		0,06
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,3		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,14		0,02
			2,1		6,9	17	0,05		0,02
			3,2		11	16	0,08		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,07		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,11		0,09
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,09		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,04		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05		
			2,1		7,1	9,1	0,06		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,08		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,04		0,04
			2,4		6	11	0,03		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,04		0,02
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,04		
	<0.05	<0.03	2,5				0,04		0,02

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	SO4	Al	As	Ca	Cd	
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
27.11.2012 16:45	LUMIJOKI	5,18			N/A	N/A	N/A	N/A	
28.11.2012 02:50	LUMIJOKI	5,1	254						
28.11.2012 12:30	LUMIJOKI	5,4	272	-	-	-	-	-	
28.11.2012 15:55	LUMIJOKI	5,2	293	-	-	-	-	-	
29.11.2012 01:28	LUMIJOKI	5,6	309	-	-	-	-	-	
29.11.2012 09:40	LUMIJOKI	5,1	352	-	-	-	-	-	
29.11.2012 15:00	LUMIJOKI	5,3	381	-	-	-	-	-	
30.11.2012 09:30	LUMIJOKI	4,9	462	-	-	-	-	-	
01.12.2012 00:10	LUMIJOKI	5	509	-	-	-	-	-	
01.12.2012 06:40	LUMIJOKI	5,3	540	-	-	-	-	-	
01.12.2012 17:25	LUMIJOKI	4,6	753	-	-	-	-	-	
01.12.2012 23:50	LUMIJOKI	4,72	592	-	-	-	-	-	
02.12.2012 07:30	LUMIJOKI	4,45	661	-	-	-	-	-	
02.12.2012 16:30	LUMIJOKI	5	715	-	-	-	-	-	
02.12.2012 23:40	LUMIJOKI	5	726	-	-	-	-	-	
03.12.2012 09:00	LUMIJOKI	5,2	765	-	-	-	-	-	
04.12.2012 10:00	LUMIJOKI	4,8	918	-	1.22	0	35	0	
04.12.2012 16:40	LUMIJOKI	4,8	1106	-	-	-	-	-	
05.12.2012 15:55	LUMIJOKI	4,7	1179	-	-	-	-	-	
06.12.2012 02:41	LUMIJOKI	5,1	827	-	-	-	-	-	
06.12.2012 23:45	LUMIJOKI	4,9	1131	-	-	-	-	-	
07.12.2012 09:00	LUMIJOKI	4,6	1162	-	1.079	0	38	0	
07.12.2012 23:40	LUMIJOKI	5,1	1100	-	-	-	-	-	
09.12.2012 05:00	LUMIJOKI	5,1	1047	-	-	-	-	-	
10.12.2012 09:00	LUMIJOKI	4,9	1100	-	0.983	0	38	0	
11.12.2012 09:50	LUMIJOKI	5	1065	-	-	-	-	-	
12.12.2012 09:30	LUMIJOKI	4,8	1135	-	-	-	-	-	
13.12.2012 09:30	LUMIJOKI	4,7	1097	-	-	-	-	-	
14.12.2012 09:30	LUMIJOKI	4,8	1018	583	-	0	32	0	
15.12.2012 06:40	LUMIJOKI	5,1	923	-	-	-	-	-	
16.12.2012 06:47	LUMIJOKI	5,2	956	-	-	-	-	-	
17.12.2012 09:50	LUMIJOKI	5	1029	-	-	-	-	-	
18.12.2012 10:00	LUMIJOKI	5	954	-	-	-	31	-	
19.12.2012 09:40	LUMIJOKI	4,74	1019	-	-	-	-	-	
20.12.2012 09:25	LUMIJOKI	5,2	808	-	-	-	-	-	
21.12.2012 11:00	LUMIJOKI	5,1	772	404	0.519	-	-	0.013	
22.12.2012 08:20	LUMIJOKI	5	763	-	-	-	-	-	
23.12.2012 07:28	LUMIJOKI	5	738	-	-	-	-	-	
24.12.2012 06:35	LUMIJOKI	5	706	-	-	-	-	-	
25.12.2012 07:20	LUMIJOKI	5,1	761	-	-	-	-	-	
26.12.2012 07:05	LUMIJOKI	4,5	1704	-	-	-	-	-	
27.12.2012 10:00	LUMIJOKI	5,4	636	-	-	-	-	-	
28.12.2012 09:45	LUMIJOKI	5,6	561	-	0.307	-	-	0	
29.12.2012 07:00	LUMIJOKI	5,4	590	-	-	-	-	-	
30.12.2012 07:40	LUMIJOKI	4,2	1572	-	-	-	-	-	
31.12.2012 11:00	LUMIJOKI	5,2	613	-	-	-	-	-	

	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	U	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,07		
							0,06		0,02
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,06	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,07	-	0,03
	-	-	-	-	-	-	0,13	-	0,02
	<0.05	<0.03	6,1	24.36	12	14,77	0,11	-	0,04
	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,13	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,14	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,17	-	
	-	-	-	-	-	-	0,16	-	0,09
	-	-	-	-	-	-	0,24	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,16	-	0,08
	<0.05	<0.03	13	49	25	45	0,23	-	0,1
	-	-	-	-	-	-	0,34	-	0,13
	-	-	-	-	-	-	0,31	-	0,15
	-	-	-	-	-	-	0,07	-	0,08
	-	-	-	-	-	-	0,32	-	0,17
	<0.05	<0.03	21	67.22	35	57	0,33	-	0,16
	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,15
	-	-	-	-	-	-	0,25	-	0,14
	<0.05	<0.03	19	64	33	50	0,33	-	0,19
	-	-	-	-	-	-	0,38	-	0,15
	-	-	-	-	-	-	0,32	-	0,15
	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,14
	<0.05	<0.03	17	56	30	61	0,28	-	0,11
	-	-	-	-	-	-	0,28	-	0,12
	-	-	-	-	-	-	0,35	-	0,12
	-	-	-	-	-	-	0,26	-	0,12
	<0.05	<0.03	16	52	27	49	0,26	-	0,1
	-	-	-	-	-	-	0,23	-	0,09
	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,09
	<0.05	<0.03	<0.05	-	2,8	19,58	0,22	-	0,08
	-	-	-	-	-	-	0,17	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,18	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,22	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,19	-	0,07
	-	-	-	-	-	-	0,09	-	0,06
	-	-	-	-	-	-	0,09	-	0,06
	<0.05	<0.03	<0.05	-	<0.02	34,15	0,12	-	0,05
	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,02
	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,02

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	Al	As	Ca	Cd	Co	
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
11.11.2012 15:20	KIVIJOKI	4,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
15.11.2012 14:50	KIVIJOKI	5,8		2	<1.2	25	<0.053	<0.18	
16.11.2012 13:30	KIVIJOKI	5,8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
16.11.2012 23:55	KIVIJOKI	5,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
17.11.2012 10:00	KIVIJOKI	5,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
17.11.2012 16:29	KIVIJOKI	5,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
18.11.2012 08:40	KIVIJOKI	5,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
19.11.2012 01:19	KIVIJOKI	5,7		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
20.11.2012 13:45	KIVIJOKI	5,4		N/A	N/A	23	N/A	<0.18	
20.11.2012 21:00	KIVIJOKI	5,8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
21.11.2012 13:20	KIVIJOKI	5,8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
22.11.2012 00:00	KIVIJOKI	5,8		N/A	N/A	19	N/A	<0.18	
23.11.2012 14:00	KIVIJOKI	5,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
24.11.2012 07:30	KIVIJOKI	6		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 01:45	KIVIJOKI	6,5		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
25.11.2012 07:20	KIVIJOKI	6,5		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 01:40	KIVIJOKI	5,9		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
26.11.2012 10:00	KIVIJOKI	6		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
27.11.2012 10:00	KIVIJOKI	5,8		0.363			0	<0.05	
28.11.2012 12:30	KIVIJOKI	5,8	42	-	-	-	-	-	
28.11.2012 15:35	KIVIJOKI	5,8	405	-	-	-	-	-	
29.11.2012 09:40	KIVIJOKI	5,8	37	-	-	-	-	-	
30.11.2012 09:30	KIVIJOKI	6,3	99	-	-	-	-	<0.05	
01.12.2012 00:20	KIVIJOKI	6,3	380	-	-	-	-	-	
02.12.2012 00:05	KIVIJOKI	6,41	421	-	-	-	-	-	
02.12.2012 23:20	KIVIJOKI	5,9	441	-	-	-	-	-	
03.12.2012 09:00	KIVIJOKI	6,2	305	-	-	-	-	-	
04.12.2012 10:00	KIVIJOKI	6,3	448	0.89	0	27	0	<0.05	
06.12.2012 02:25	KIVIJOKI	6,4	224	-	-	-	-	-	
07.12.2012 09:00	KIVIJOKI	6,4	507	0.455	-	31	0	<0.05	
07.12.2012 23:25	KIVIJOKI	6,6	500	-	-	-	-	-	
09.12.2012 05:00	KIVIJOKI	6,2	509	-	-	-	-	-	
10.12.2012 09:00	KIVIJOKI	6,1	444	-	-	-	-	-	
11.12.2012 09:50	KIVIJOKI	6,1	434	-	-	-	-	-	
12.12.2012 09:30	KIVIJOKI	6,2	476	0.519	0.003	30	0	<0.05	
13.12.2012 09:30	KIVIJOKI	6,2	451	-	-	-	-	-	
14.12.2012 09:30	KIVIJOKI	6,1	432	-	0	26	0	<0.05	
15.12.2012 07:10	KIVIJOKI	6,1	395	-	-	-	-	-	
16.12.2012 07:00	KIVIJOKI	6	460	-	-	-	-	-	
17.12.2012 09:50	KIVIJOKI	6,2	441	-	-	-	-	-	
18.12.2012 10:00	KIVIJOKI	6,1	451	-	-	27	-	<0.05	
19.12.2012 09:40	KIVIJOKI	6,1	528	-	-	-	-	-	
20.12.2012 09:25	KIVIJOKI	6,1	528	-	-	-	-	-	
21.12.2012 11:00	KIVIJOKI	6,1	485	0.289	-	-	0.015	<0.05	
22.12.2012 08:00	KIVIJOKI	6	501	-	-	-	-	-	
23.12.2012 07:00	KIVIJOKI	5,9	482	-	-	-	-	-	

	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	Zn	U
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,11	0,03	N/A
	<0.11	1	9	0,95	53	<0,55	<0.13	<3.3
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,0,2	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	<0.11	0,87	N/A	0,67	44	<0,55	<0,13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	<0.11	1,1	5,7	1,4	15	<0.55	<0.13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<0.55	<0.13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<0.55	<0.13	N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03		N/A
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,03	0,02	N/A
	<0.03	0,66				0,03	0,02	N/A
	-	-	-	-	-	0,03,	0,02	N/A
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	N/A
	-	-	-	-	-	0,06	0,02	N/A
	<0.03	0,71	1.444	0,16	0	0,03	0,02	N/A
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	N/A
	-	-	-	-	-	0,03		0
	-	-	-	-	-		0,02	N/A
	-	-	-	-	-	0,03	0,04	-
	<0.03	1,5	11	2,5	28	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	<0.03	2	13	3,5	26	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,1	0,02	-
	<0.03	1,9	12.75	3,4	14,1	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,07	0,02	-
	<0.03	1,5	11	2,9	33	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,1	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,12	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	<0.03	1,5	11	2,7	25	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,04	-
	-	-	-	-	-	0,05	0,05	-
	<0.03	<0.05	-	<0.02	12,63	0,06	0,04	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,05	0,02	-

pvm.	Näytepaikka	pH	sjk	Al	As	Ca	Cd	Co	
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
24.12.2012 06:55	KIVIJOKI	5,9	504	-	-	-	-	-	
25.12.2012 07:40	KIVIJOKI	5,9	486	-	-	-	-	-	
26.12.2012 07:26	KIVIJOKI	6	488	-	-	-	-	-	
27.12.2012 10:00	KIVIJOKI	6,1	473	-	-	-	-	-	
28.12.2012 09:45	KIVIJOKI	6,1	500	0.309	-	-	0	<0.05	
29.12.2012 06:00	KIVIJOKI	5,9	529	-	-	-	-	-	
30.12.2012 07:20	KIVIJOKI	5,4	396	-	-	-	-	-	
31.12.2012 11:00	KIVIJOKI	6,2	130,5	-	-	-	-	-	



## LIITE 3/15

	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	Zn	U
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	-	-	-	-	-	0,18	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,11	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,09	-
	<0.03	<0.05	-	<0.02	46,92	0,04	0,15	-
	-	-	-	-	-	0,05	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,06	0,02	-
	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-

## KUVAILOLEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus			Julkaisu-aika Helmikuu 2013
Tekijä(t)	Sari Kauppi, Jaakko Mannio, Seppo Hellsten, Taina Nystén, Timo Jouttijärvi, Markus Huttunen, Petri Ekholm, Sirkku Tuominen, Petri Porvari, Anna Karjalainen, Timo Sara-Aho, Jaakko Saukkoriipi ja Markku Maunula			
Julkaisun nimi	<b>Arvio Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuodon haitoista ja riskeistä vesiympäristölle</b>			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 11/2013			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana vain internetistä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Tiivistelmä	<p>Talvivaaran kipsisakka-altaan vuoto marraskuussa 2012 oli paikallinen, mutta suuri ympäristöonnettomuus. Suomen ympäristökeskus (SYKE) vastasi vuodon aiheuttamiin kyselyihin ja tiedon tarpeeseen kartoittamalla ympäristökuormitusta ja tiedottamalla onnettomuuden aiheuttamista vaikutuksista vesiympäristöön. Raportissa on esitetty arvioinnissa käytetyt mittaustiedot, arvioitu vuodon vaikutuksia lähijärvisä ja tarkasteltu vuodon alueellista laajuutta vuoden 2012 lopulla käytettävissä olleen tiedon perusteella.</p> <p>Välitöntä vesistökuormitusta arvioitiin ympäristömittaustulosten ja mallinnuksen avulla. Raportissa on kuvattu kipsisakka-altaan vuodon aiheuttama kuormitustilanne ja arvioitu sen vesistövaikutuksia. Lisäksi on kuvailtu lyhyesti vesien tilaa ennen jätevesivuotoa, sekä metallien, happamuuden ja suolojen vesistövaikutuksia. Raportissa on myös ehdotuksia lisäselvitystarpeiden ja seurannan osalta, sekä kaivosalaan liittyvään tutkimus- ja kehitystoimintaan Suomessa.</p> <p>Onnettomuuden seurauksena Talvivaaran kaivosalueen ulkopuolelle purkautui huomattavasti jätevettä. Eteläisiin lähivesiin (Lumijoki – Kivijärvi) purkautui noin 200 000 m<sup>3</sup> jätevettä ja pohjoiseen, Oulujoen vesistön latvaosaan (Salminen – Kolmisoppi), noin 20 000 m<sup>3</sup>. Ympäristöön joutui kaivoksen tavanomaiseen kuormitukseen verrattuna moninkertainen määrä haitallisia aineita. 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 aäri-ilmiot eli happamuuden ja metallipitoisuuksien maksimi-arvot sekä niiden nopeat muutokset. Eliöihin vaikuttavan pitoisuustason ylittivät selvimmin alumiini, nikkeli ja sinkki, mutta myös uraani ja kadmium.</p> <p>Seuraukset alueen vesieliöstöön selviävät kuitenkin vasta seuraavan kesän kasvukaudella ja sen jälkeen, koska eliöiden lisääntymisen onnistuminen ja ravintoketjun mahdollinen häiriintyminen nähdään vasta pidemmällä aikavälillä.</p>			
Asiasanat	Talvivaara, Sotkamo, kaivokset, kaivannaisteollisuus, teollisuusjätevesi, ympäristöonnettomuudet, vesistövaikutukset, haitalliset aineet, nikkeli, raskasmetallit, vesistön kuormitus			
Rahoittaja/ toimeksiantaja				
	ISBN (nid.)	ISBN 978-952-11-4151-5 (PDF)	ISSN (pain.)	ISSN 1796-1726 (verkkoj.)
	Sivuja 90	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis. alv 8 %)
Julkaisun myynti/ jakaja				
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 Helsinki			
Painopaikka ja -aika				

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral			Datum Februari 2013
Författare	Sari Kauppi, Jaakko Mannio, Seppo Hellsten, Taina Nystén, Timo Jouttijärvi, Markus Huttunen, Petri Ekholm, Sirkku Tuominen, Petri Porvari, Anna Karjalainen, Timo Sara-Aho, Jaakko Saukkoriipi och Markku Maunula			
Publikationens titel	<b>Bedömning av de skador och risker för vattenmiljön som läckan i gipsfällningsbassängen i Talvivaaragruvan gett upphov till</b> (Arvio Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuodon haitoista ja riskeistä vesiympäristölle)			
Publikationsserie och nummer	Finlands miljöcentrals rapporter 11/2013			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Sammandrag	<p>Läckan i gipsfällningsbassängen i Talvivaara i november 2012 var en lokal men stor miljöolycka. Finlands miljöcentral besvarade förfrågningar med anledning av läckan och behovet av information genom att kartlägga miljöbelastningen och informera om olyckans konsekvenser för vattenmiljön. I rapporten presenteras de mätuppgifter som använts i bedömningen, läckans konsekvenser för närbelägna sjöar bedöms och läckans regionala omfattning granskas utifrån den information som fanns att tillgå i slutet av 2012.</p> <p>Den direkta belastningen på vattendragen bedömdes med hjälp av miljömätningresultat och modellering. Rapporten beskriver den belastningssituation som läckan i gipsfällningsbassängen orsakat och bedömer dess konsekvenser för vattendragen. Dessutom beskrivs i korthet vattenstatusen före spillvattnet läckte ut samt konsekvenserna av metaller, surhet och salter på vattendragen. Rapporten innehåller också förslag vad gäller behovet av tilläggsutredningar och uppföljning samt gruvbranschens forsknings- och utvecklingsverksamhet i Finland.</p> <p>Olyckan ledde till att en ansenlig mängd spillvatten spolades ut i området utanför Talvivaaragruvan. I de närbelägna vattnen (Lumijoki – Kivijärvi) söder om gruvan spolades ungefär 200 000 m<sup>3</sup> spillvatten ut och norrut, i övre delen av Ule älvs vattendrag (Salminen – Kolmisoppi), ungefär 20 000 m<sup>3</sup>. Mängden skadliga ämnen som läckte ut i omgivningen var flera gånger större än gruvans normala belastning. Hur pass giftiga metallerna är i naturen beror i allmänhet på hur de samverkar med varandra. Olika metaller kan antingen direkt öka varandras giftverkningar eller tillsammans orsaka en större skada för organismernas jämviktsläge. För fiskar och andra organismer är extrema fenomen av största betydelse, dvs. maximivärden för surhet och metallhalter samt snabba förändringar av dessa. Det var främst aluminium, nickel och zink men också uran och kadmium som överskred de halter då organismerna påverkas.</p> <p>Konsekvenserna för vattenorganismerna i området klarnar emellertid först under växtperioden nästa sommar och senare eftersom det är först på längre sikt som man kan se hur organismernas förökning lyckas och om det finns eventuella störningar i näringskedjan</p>			
Nyckelord	Talvivaara, Sotkamo, gruvor, utvinningsindustri, spillvatten från industri, miljöolyckor, konsekvenser på vattendrag, skadliga ämnen, nickel, tungmetaller, belastning på vattendrag			
Finansiär/ uppdragsgivare				
	ISBN (hft.)	ISBN 978-952-11-4151-5 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	Sidantal 90	Språk finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution				
Förläggare	Finlands miljöcentral, PB 140, 00251 Helsingfors			
Tryckeri/tryckningsort -år				

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute			<i>Date</i> February 2013
<i>Author(s)</i>	Sari Kauppi, Jaakko Mannio, Seppo Hellsten, Taina Nystén, Timo Jouttijärvi, Markus Huttunen, Petri Ekholm, Sirkku Tuominen, Petri Porvari, Anna Karjalainen, Timo Sara-Aho, Jaakko Saukkoriipi and Markku Maunula			
<i>Title of publication</i>	<b>Assessment of the potential impacts on water environment caused by the gypsum pond leakage at the Talvivaara mine</b> (Arvio Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuodon haitoista ja riskeistä vesiympäristölle)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Finnish Environment Institute 11/2013			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available in the internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
<i>Abstract</i>	<p>Although a local incident, the leakage of the gypsum pond at the Talvivaara mine in November 2012 was a major environmental accident in Finland. Following the accident, approximately 200,000 cubic metres of waste water ran into the nearby lakes and rivers south of the mine and some 20,000 cubic metres to the north. The amount of hazardous substances released into the environment around the mine area exceeded several times the yearly permitted load.</p> <p>To respond to public concerns and enquiries regarding the leakage, the Finnish Environment Institute (SYKE) explored the potential impact of the incident on the local water systems. This report presents the data used in the assessment, reviews the impacts of the leakage on nearby lakes and looks at the spatial extent of the leakage based on the information available at the end of 2012. In addition, it provides a brief account of the condition of the local lakes and rivers before the waste water leakage, and of the effects of metals, acidity and salts on the aquatic environment. The report also proposes further studies and follow-up activities, and makes suggestions regarding research and development of environmental impacts of the mining industry in Finland.</p> <p>When released into the environment, the synergistic toxicity of metals increases their harmful effect. Different metals can either directly enhance each other's toxicity or disrupt the natural balance of plants and animals. Extremely low pH or high metal concentration, and rapid changes in these water conditions, are the most critical factors for fish and other organisms. Concentrations of aluminium, nickel, and zinc were most clearly above the levels harmful to biota, but concentrations of uranium and cadmium were also high.</p> <p>By the end of November 2012, the plume of the leakage has stopped in the nearby lakes within ca. 6 km north and south of the gypsum pond. Actual effects of these hazardous substances on the region's aquatic organisms will be available earliest in the next summer's growing period, as the reproductive success of organisms and any disruptions in the food chain can only be observed over a longer period</p>			
<i>Keywords</i>	Talvivaara, Sotkamo, mines, mining industry, industrial waste water, environmental accidents, impact on water systems, harmful substances, nickel, heavy metals, load on water systems			
<i>Financier/ commissioner</i>				
	ISBN (pbk.)	ISBN 978-952-11-4151-5 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	No. of pages 90	Language Finnish	Restrictions Public	Price (incl. tax 8 %)
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute, P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland			
<i>Printing place and year</i>				



ISBN 978-952-11-4151-5 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkosivut)