



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# VALUMAVESIEN KÄSITTELY SULJETULLA KAIVOSALUEELLA

Seuranta ja puhdistusmenetelmät

**for ENGLISH TRANSLATION [click here](#)**

TEKIJÄ: Timo Järvinen

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|----|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |                    |    |
| Koulutusohjelma<br>Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |                    |    |
| Työn tekijä(t)<br>Timo Järvinen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |                    |    |
| Työn nimi<br>Valumavesien käsittely suljetulla kaivosalueella                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |           |                    |    |
| Päiväys                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 27.5.2013 | Sivumäärä/Liitteet | 49 |
| Ohjaaja(t)<br>yliopettaja Merja Tolvanen Savonia AMK<br>lehtori Raimo Lehtiniemi Savonia AMK<br>projekti insinööri Samuli Nikula Outokumpu mining OY<br>johtava asiantuntija Niko Karjalainen Ramboll Finland OY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |                    |    |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)<br>Outokumpu Mining Oy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |                    |    |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin vuonna 1987 suljetun Leppävirran Oravikoskella sijaitsevan Kotaladen kaivoksen jälkihoitotoimenpiteitä, alueelta kerääntyviä valumavesiä, niiden ominaisuuksia ja ympäristövaikutuksia. Outokumpu Mining Oy vastaa Kotalahden kaivoksen jälkihoitotoimista kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistimenpiteitä koskevan ympäristöluvan (Itä- Suomen Aluehallintovirasto 78/2011/1, 30.8.2011) mukaisesti. Ympäristöluvan määräysten tarkistamiseksi on tehtävä 31.12.2013 mennessä hakemus ympäristöviranomaiselle. Tässä opinnäytetyössä on käsitelty osittain samoja aiheita, kuin tulevassa lupamuutoshakemuksessa, mutta lupamuutoshakemus tulee olemaan täysin erillinen ja yksityiskohtaisempi ja sen tekee Outokumpu Mining Oy</p> <p>Tässä työssä tarkasteltiin Kotalahden kaivoksen ympäristöluvan ehtoja ja velvoitteita, sekä alueella tehtyjä jälkihoitotoimenpiteitä ja niillä aikaansaatuja tuloksia. Opinnäytetyö perustuu kirjallisuustarkasteluihin sekä käytännön työkokemukseen kohteen maanrakennushankkeissa. Työssä kuvattiin tehtyjä toimenpiteitä ja niiden dokumentointia muun muassa valokuvin.</p> <p>Opinnäytetyö kokoaa yhteen tehtyjä jälkihoitotoimenpiteitä ja samalla työssä esitellään aikaisemmin dokumentoimattomia maanrakennushankkeiden aikana tehtyjä havaintoja ja tulkintoja. Tuloksena saatiin aineistoa, jota voidaan käyttää osana jälkihoitotoimenpiteiden seurannassa ja ympäristöluvan ehtojen tarkistamisessa.</p> |           |                    |    |
| Avainsanat<br>valumavesi, malmikaivos, ympäristölupa, kosteikkoaltaat,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |           |                    |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|----|
| Field of Study<br>Technology, Communication and Transport                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                  |    |
| Degree Programme<br>Degree Programme in Construction Management                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |                  |    |
| Author(s)<br>Timo Järvinen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |                  |    |
| Title of Thesis<br>Runoff Water Treatment in Closed Oremine Area                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |                  |    |
| Date                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 27 May, 2013 | Pages/Appendices | 49 |
| Supervisor(s)<br>Mrs Merja Tolvanen Principal Lecturer<br>Mr Raimo Lehtiniemi Lecturer<br>Mr Samuli Nikula Project Engineer<br>Mr Niko Karjalainen Senior Consultant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                  |    |
| Client Organisation /Partners<br>Outokumpu Mining OY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                  |    |
| <p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to study the characteristics and environmental impacts of runoff water at the closed Kotalahti ore mine located in the village of Oravikoski in Leppävirta. Another goal was to study the measures taken to purify the waters by preventing emissions as well as to study the results obtained from them.</p> <p>The environmental requirements were studied first. Then the measures and results were analyzed. The measures taken included the final covering of the tailings basin as well as conducting the runoff water and leachate for after treatment into a wetland and a pool cleaner.</p> <p>The author's hands-on experience of the field together with some of the monitored data, collected while working on the site during 2008- 2012, were used as a basis for analyzing the results.</p> <p>As a result this thesis brought together the final results received from the after treatment measures. The results can be used as part of an after treatment follow-up and environmental permit.</p> |              |                  |    |
| <p>Keywords</p> <p>runoff water, ore mining, environmental permission, wetland basins, tailings</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |                  |    |

## ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö liittyy opiskeluuni Savonia AMK:n infrarakentamisen ja kaivannaisalan työnjohdon koulutusohjelmassa. Aloitin opiskelut vuoden 2009 tammikuussa ja alkuperäinen tavoite oli valmistua vuoden 2012 keväällä. Aina asiat ei mene suunnitelmien mukaan ja nyt 2013 keväällä olen vihdoin opiskelun loppusuoralla. Töiden ohessa opiskelu on ajankäytön kannalta erittäin haastavaa ja vaatii kaikilta lähipiirissä myös työyhteisössä mukana olevilta tukea, ymmärrystä ja joustoa. Opiskeluun käytetty aika on aina vapaa-ajasta pois, mutta myöhemmin auttaa myös arvostamaan ajankäyttöä ja asioiden priorisointia. Hyvä ilmapiiri opiskelijoiden kesken ja huumoripitoinen asenne on välttämätöntä motivaation ylläpitämiseksi. Opiskeluryhmämme koostui työelämässä olevista ja osin jo pitkänkin kokemuksen omaavista henkilöistä, jotka osasivat antaa palautetta ja tuoda omia kokemuksia opiskeluun. Työskennellessäni Maansiirto E. Huttusella Kotalahden kaivosalueella useana vuonna, löysin opinnäytetyönaiheen joka on minulle tuttu, mutta myös ajankohtainen.

Timo Järvinen

# SISÄLTÖ

|       |                                                                            |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | JOHDANTO .....                                                             | 7  |
| 1.1   | Tausta ja tavoitteet .....                                                 | 7  |
| 1.2   | Opinnäytetyön työelämäyhteys .....                                         | 8  |
| 2     | KAIVOSTOIMINTA SUOMESSA .....                                              | 9  |
| 2.1   | Kaivostoiminnan historia .....                                             | 9  |
| 2.2   | Kaivostoiminnan tulevaisuuden näkymät .....                                | 9  |
| 2.3   | Kaivostoiminta ja ympäristö .....                                          | 10 |
| 2.4   | Kotalahden kaivoksen historiaa .....                                       | 10 |
| 2.5   | Kotalahden kaivosalueen nykytilanne .....                                  | 11 |
| 3     | KOTALAHDEN KAIVOSALUEEN VALUMAVEDET .....                                  | 13 |
| 3.1   | Pintavalunta .....                                                         | 13 |
| 3.2   | Veden suotautuminen .....                                                  | 13 |
| 3.3   | Tulkinta pintavalunnan ja suotautumisen suunnista .....                    | 14 |
| 3.4   | Kaivoksen ylivuotovedet .....                                              | 14 |
| 3.5   | Ulkopuoliset pintavedet .....                                              | 15 |
| 4     | KOTALAHDEN KAIVOSALUEEN YMPÄRISTÖKUORMITUS KAIVOSTOIMINNAN PÄÄTYTTYÄ ..... | 16 |
| 4.1   | Kotalahden kaivokselle myönnetyt ympäristöluvat .....                      | 16 |
| 4.2   | Ympäristöluvan tarkkailu ja raportointi .....                              | 18 |
| 4.2.1 | Kaivosvesien tarkkailu .....                                               | 18 |
| 4.2.2 | Oravilahteen johdettavat vedet .....                                       | 18 |
| 4.2.3 | Vaikutustarkkailu .....                                                    | 20 |
| 4.2.4 | Raportointi .....                                                          | 21 |
| 4.2.5 | Muu tarkkailu ja seuranta .....                                            | 22 |
| 4.3   | Tarkkailuohjelman mukaisia tuloksia vuosilta 2005–2012 .....               | 22 |
| 4.4   | Kotalahden kaivoksen velvoitetarkkailu .....                               | 23 |
| 5     | TEHDYT TOIMENPITEET PÄÄSTÖJEN EHKÄISEMISEKSI .....                         | 25 |
| 5.1   | Vesien kosteikkokäsittely .....                                            | 25 |
| 5.2   | Valumavesien puhdistamo ja sen huolto .....                                | 26 |
| 5.3   | Rikastehiekka-alueen peitto .....                                          | 29 |
| 5.4   | Rikastehiekka-alueen haittojen ehkäisy .....                               | 30 |
| 5.5   | Sulfaatinpelkistys hyödyntäminen kaivosvesien käsittelyssä .....           | 35 |

|       |                                                  |    |
|-------|--------------------------------------------------|----|
| 5.5.1 | Louhoskäsittely .....                            | 35 |
| 5.5.2 | Louhoskäsittelyn toteuttaminen käytännössä ..... | 36 |
| 5.6   | Koepumppaus kaivoskuilusta .....                 | 38 |
| 5.7   | Koetoiminan mittaukset ja seuranta .....         | 39 |
| 5.7.1 | Virtaaman mittaaminen V-mittapadolla .....       | 40 |
| 5.8   | Veden laatu koetoiminnan aikana 2010–2012 .....  | 42 |
| 6     | JOHTOPÄÄTÖKSET .....                             | 45 |
|       | LÄHTEET .....                                    | 48 |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta ja tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vuonna 1987 suljetun Leppävirran Oravikoskella sijaitsevan Kotalahden kaivoksen alueen jälkihoitotoimenpiteitä, alueelta kerääntyviä valumavesiä, niiden ominaisuuksia ja ympäristövaikutuksia. Outokumpu Mining Oy vastaa Kotalahden kaivoksen jälkihoitotöistä kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistoimenpiteitä koskevan ympäristöluvan (Itä-Suomen Aluehallintovirasto 78/2011/1, 30.8.2011) mukaisesti. Ympäristöluvan mukaisesti on määräysten tarkistamiseksi tehtävä 31.12.2013 mennessä hakemus. Tässä opinnäytetyössä käsitellään osittain samoja aiheita kuin tulevassa lupamuutoshakemuksessa, mutta lupamuutoshakemus tulee olemaan täysin erillinen yksityiskohtaisempi Outokumpu Mining Oy:n toimesta laadittava selvitys

Tässä työssä tarkastellaan Kotalahden kaivostoiminnan historiaa, kaivoksen jälkihoidon ympäristöluvan ehtoja ja velvoitteita, sekä tarkastellaan alueella tehtyjä jälkihoitotoimenpiteitä ja niillä aikaansaatuja tuloksia. Opinnäytetyö perustuu kirjallisuustarkasteluihin sekä käytännön työkokemukseen kohteen maanrakennushankkeissa. Työssä kuvataan tehtyjä toimenpiteitä ja niiden dokumentoitua muun muassa valokuvin. Opinnäytetyö kokoaa yhteen tehtyjä jälkihoitotoimenpiteitä ja samalla työssä esitetään aikaisemmin dokumentoimattomia maanrakennushankkeiden aikana tehtyjä havaintoja ja tulkintoja. Johtopäätöksenä todetaan, että tehtyjen toimenpiteiden tulokset ovat rohkaisevia ja valumavesien haitta-aine pitoisuudet ovat laskeneet, vaikkakin tehtyjen toimenpiteiden tulokset näkyvät valumavesissä viiveellä.

Opinnäytetyön tavoitteena on koota aineistoa tehdyistä toimenpiteistä ja esittää aiemmin dokumentoimattomia maanrakennushankkeiden aikana tehtyjä havaintoja ja tulkintoja. Tehtyjä päästöjen ehkäisytoimenpiteitä ja niillä aikaansaatuja tuloksia todenneetaan seurantaaineiston perusteella. Käytännön kokemusta ja osan seurantaaineistosta olen kerännyt henkilökohtaisesti, työskennellessäni kyseisellä kohteella.

Rikastehiekka-alueen peiton yhteydessä tutkittiin sellutehtaan puhdistamolietteen soveltuvuutta alueen peittoon. Henkilökohtaisena tutkimuksena oli peittomateriaalin kerrospaksuuden seuranta peittotyön jälkeen. Materiaalin kosteusvaihteluista johtuen haluttiin tutkia, mikä on oikea kerrospaksuus levitystyön aikana, jotta riittävä kasvukerros saavutettaisiin.

## 1.2 Opinnäytetyön työelämäyhteys

Olen työskennellyt Maansiirto E. Huttunen Oy: n palveluksessa vuodesta 2004 lähtien. Työkohteina on ollut useita kaivosalan kohteita. Kotalahden kaivoksella olen ollut kaivoksen jälkihoitotöiden työnjohtotehtävissä, vuosien 2007–2012 välisenä aikana. Jälkihoitotöihin on kuulunut, puhdistamon huolto ja saaneeraus, rikastehiekka-alueen peitto, koetoimintojen seuranta, vesiputkistojen rakentaminen ja suunnittelu.

Tässä työssä tutustutaan menetelmiin joita käytetään yleisesti luonnonvesien käsittelyyn ja miten veden ominaisuuksiin vaikuttamalla voidaan erottaa haitallisia aineita vedestä. Vaumavesien käsittelyssä pyritään ns. passivisiin menetelmiin jolloin järjestelmä toimisi huoltovapaasti ja ilman valvontaa. Tässä työssä käsitellään myös erityispiirteitä jotka tekevät vesien hallinnan ongelmalliseksi kyseisellä kaivosalueella.

## 2 KAIVOSTOIMINTA SUOMESSA

### 2.1 Kaivostoiminnan historia

Vuodesta 1530 lähtien Suomessa on ollut useita satoja kaivoksia. 1900-luvulle tultaessa oletettiin maamme malmivarojen jo ehtyneen, kunnes vuonna 1908 Rääkkylän pitäjässä Kivisalmen laivaväylää ruopattaessa löydettiin kellertävä kivi. Kivi lähetettiin tutkittavaksi Helsingin Geologiselle toimistolle, joka arvioi näytteen sisältävän runsaasti kuparia. Geologinen toimisto antoi tutkimustyön johdon vuori-insinööri Otto Trüstedtille. Malmia etsittiin ensin Rääkkylän ympäristöstä, kunnes vuonna 1910 koekaivauksin ja kairauksin löytyi kupariesiintymä Outokummusta.

Kaivostoiminta Outokummussa alkoi koelouhinnalla 1910, mutta poikkeuksellisen rikas malmi käynnisti kaivostoiminnan ja oudon kummun rinteeseen rakennettiin malminkäsittelylaitos joka aloitti toimintansa v. 1913. Alkuaikoina kaivostoiminta oli vaivalloista ja kannattamatonta. Vuonna 1917 kaivos siirtyi norjalaisten omistukseen. Hekään eivät onnistuneet luomaan tuottoisaa kaivosta eivätkä tuottoisaa kuparitehdasta. Outokummun kaivos siirtyi takaisin suomalaisille v. 1921 ja kaivoksen johtajaksi nimitettiin Eero Mäkinen. Kaivosyhtiön pääkonttori siirrettiin Outokumpuun, jossa se toimi 1940-luvun lopulle saakka. Vuonna 1932 Outokummun kaivos muutettiin osakeyhtiöksi Outokumpu Oy:ksi. Suomen teollisuuden kehitys oli 1930-luvulla nopeaa. Outokumpu Oy:n historiassa ajanjakso 1930–1950 oli voimakasta kasvun aikaa ja yhtiö avasi ympäri suomea uusia tuotantolaitoksia. (Itä suomen yliopisto.Kaivostoiminnan kehitys Suomessa)

### 2.2 Kaivostoiminnan tulevaisuuden näkymät

Metallien ja mineraalien kulutus kasvaa jatkuvasti ja vastaavasti louhintaakin on lisätty. Suomessa metallimalmien louhinta on kymmenkertaistunut reilussa kymmenessä vuodessa. Nyt Suomen noin 50 kaivoksesta ja louhoksesta kahdessatoista louhitaan metallimalmeja kuten nikkeliä, kuparia, sinkkiä sekä kultaa. Viime vuosina on tehty merkittäviä investointeja kaivoksiin ja toisaalta myös kaivosten ympäristöasiat ovat saaneet huomiota osakseen. Pääministeri Jyrki Kataisen hallitusohjelmaan (2011–2015) on kirjattu, että valtio edistää toimenpiteillään kaivostoiminnan ja koko mineraaliklusterin kehitystä ja kestävästä kasvua. Kaivosalan osaamisesta päätettiin tehdä yksi Suomen EU-politiikan painopisteistä. Suomessa kehitetään luonnonvarojen kestävä, taloudellista ja innovatiivista hyödyntämistä. (Työ ja elinkeinoministeriön julkaisuja 69/2010, 29)

## 2.3 Kaivostoiminta ja ympäristö

Kaivostoiminnan ympäristöasioiden ajankohtaisuutta kuvaa hyvin niiden näkyvyys mediassa ja tutkimustyössä viime vuosien aikana. Kaivosten jälkihoidon tueksi on laadittu vuonna 2005 osana Kaivostoiminnan ympäristötekniikka-projektia, Kaivoksen sulkemisen käsikirja, jonka tavoitteena on toimia oppaana ja apuna kaivostoiminnan sulkemisen suunnittelussa ja toteutuksessa. Vuonna 2011 on Suomen ympäristökeskus julkaissut oppaan Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Muun muassa edellä mainituissa oppaissa on käsitelty kaivosten jälkihoitoa ja oppaita on käytetty myös tämän opinnäytetyön lähtöaineistona.

Kaivosten sulkemisesta ei ole yksityiskohtaisesti säädetty missään yksittäisessä laissa tai säädöksessä, vaan sitä säätelevät useat eri lait ja asetukset sekä niiden pohjalta annettavat lupasäädökset. Joidenkin toimenpiteiden osalta lainsäädäntö määrittelee sulkemiselle puitteet tai tavoitteet ja ratkaisut tehdään ns. hyvän käytännön tai tavan mukaisesti seuraten aiemmista kaivosten sulkemisesta saatuja kokemuksia. Yhtenäisen käytännön saamiseksi on kaivosten sulkemisen käsikirjaan koottu sulkemisen yleiset periaatteet ja sen edellytykset, ja niiden pohjalta on laadittu ehdotus sulkemistoimenpiteistä, joissa otetaan huomioon mm. kansalliset ja EU-tasoiset vaatimukset. (Kaivoksen sulkemisen käsikirja, 2005)

## 2.4 Kotalahden kaivoksen historiaa

Kaivostoiminta sai alkunsa Arvo Paakkulaisen 1954 löytämästä malmikivestä jonka perusteella Outokumpu Oy aloitti alueella tutkimukset. Vehkan tutkimuskuilu avattiin 1956 mutta varsinainen kaivostoiminta sai alkunsa 1957. Kaivostoiminnasta on syytä mainita osan malmioista sijainneen osittain Vehkalammen alla ja osittain valtatie 1:n alla. Kaivoskuilut ulottuivat aina 814 metrin syvyyteen maan alle ja ajokelpoista tietä maan alla oli n. 50 km. Rikastetun malmin kuljetus on tapahtunut kuorma-autoilla Oravikoskelta Varikauden Lehtoniemen asemalle, josta se on lastattu junaan kohti Harjavaltaa. Rikastamon laitteistot ja menetelmät ovat olleet oman aikansa huipputeknologiaa ja Outokumpu Oy:n oman tuotekehityksen tulosta. (Leppävirran Kunta. Savolainen Arto. 2006. Oravikosken taajaman alueinventointi.)

Kotalahden kaivoksen rikastamo on tarvinnut vettä toimiakseen ja se on saatu Oravikosken halkaisevasta vesireitistä. Rikastejätevesi on ohjattu Vehkalampeen joka on suljettu rikastejätealtaaksi. Pisimmillään jätevesiputkea on ollut n. 4 km. Kaivostoiminnan päättymisen yhteydessä kaikki kaivoskuilut ovat täyttyneet ja täytetty vedellä sortumisvaaran ehkäisemiseksi. Kaivos suljettiin vuonna 1987. Outokumpu Oy:n Kotalahden kaivoksella työskenteli enimmillään n.300 henkilöä. (Leppävirran Kunta. Savolainen Arto 2006. Oravikosken taajaman alueinventointi.)

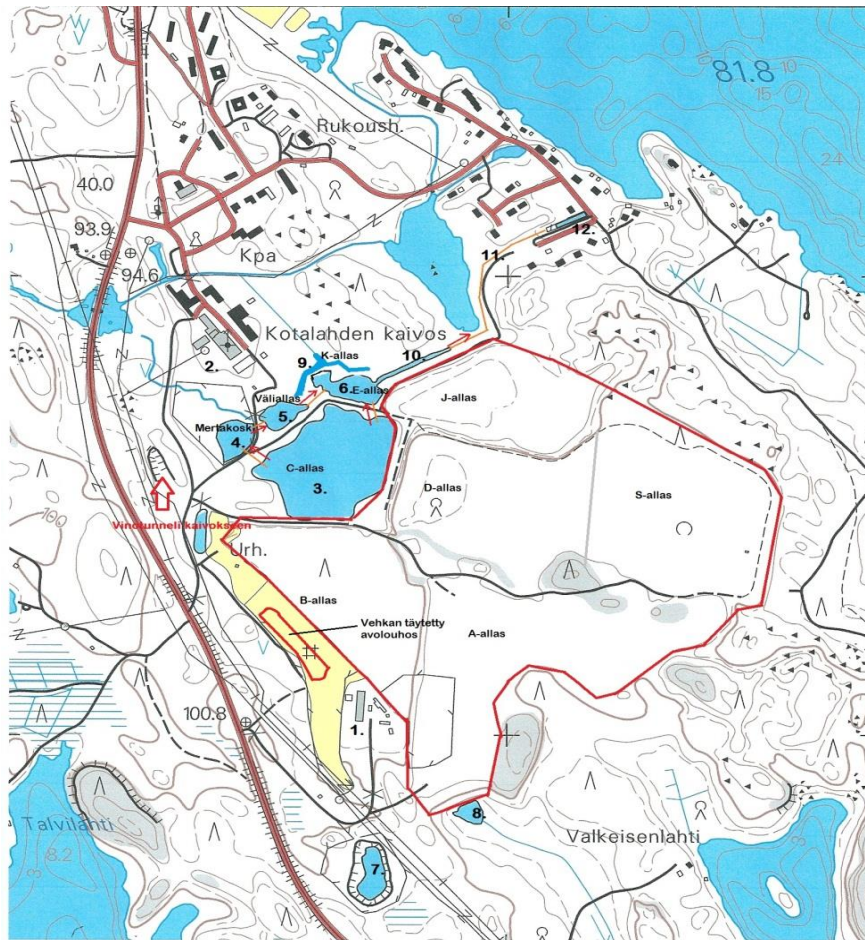
## 2.5 Kotalahden kaivosalueen nykytilanne

Kaivostoiminnan päättymisen jälkeen alueella oleviin kiinteistöihin on siirtynyt yrityksiä, mm. Oravikosken konepaja joka toimii entisissä rikastamorakennuksen tiloissa. Vehkan kaivostorninrakennuksissa on toiminut sahalaitys 1990-luvulla. Outokumpu Oy on myynyt maa-alueita Leppävirran kunnalle, joka on kaavoittanut asuintontteja Oravilahden rantaan. Kaavoitetulle alueelle onkin muodostunut uusasuntoalue, joka sijaitsee aivan kaivoksen rikastehiekka-alueen vieressä. Oravikosken taajamassa on n. 350 asukasta. ( Savolainen Arto. Leppävirran kunnan rakennusinventointi 2005–2006.)

Entisellä Kotalahden kaivosalueella (kuva 1) on olemassa olevia teitä jotka ovat varsin hyväkuntoisia, siitä johtuen alue onkin suosittua ulkoilualueita. Rikastehiekka-alueella on ollut aikaisempina vuosina esim. vinttikoirarata, jossa on järjestetty koirien juoksupilpailuja. Osalle alueesta on Leppävirran kunta ajanut lähialueilta rakennustöiden yhteydessä poistettuja pintamaita ja louhetta. Kaivosalueella on kolme aidalla eristettyä aluetta, joissa on sortuman mahdollisuus.

Oravilahden virkistyskäyttöä haittaa kaivosalueen aiheuttamat rauta- ja nikkelipäästöt. Outokumpu Mining Oy on erilaisilla toimenpiteillä pyrkinyt vähentämään vesistöön joutuvia metallipitoisuuksia. Entisen Vehkalammen paikalle on rakennettu kosteikko johon on kerätty rikastehiekka-alueelta tulevia valumavesiä. Vehkalammen kosteikkoa kutsutaan nimellä C-allas (kuva1 nro3). Muut kosteikkoaltaat tunnistetaan nimillä, Mertakoski, Väliallas, E-allas, Purkuoja ja K-allas.

Oravilahteen laskevan purkuojan suulle on rakennettu vuonna 2001 puhdistamo (kuva1 nro12). Puhdistamo käsittää kuivasuodattimen, laskeutusaltaan ja hidassuodattimen. Puhdistamo on mitoitettu kaivoksen kautta tuleville ylivuotovesille ja kaivosalueelta tuleville vesille. Alueen ulkopuolelta tuleville vesille on rakennettu ohitusputki Vehkan avolouhoksen luota Mertakosken- ja välialtaankosteikon ohi K-altaaseen (kuva1 nro 9). K-altaaseen kerääntyvät myös entisen rikastamon piha-alueen ja osa Oravikosken taajaman valumavesistä. Vedet johdetaan edelleen putkea pitkin Oravijokeen ja edelleen Oravilahteen. K-altaan purkuputki on mitoitukseltaan pieni varsinkin keväällä lumien sulamisen aikaan jolloin K-altaan vedenpinta nousee ja aiheutti veden nousua lähirakennusten kellareihin. Vuonna 2011 kaivettiin K-altaan jatkeeksi avo-oja suoraan Oravijokeen tulva ongelman poistamiseksi.



Kuva 1. Kotalahden kaivosalue ja kohteiden numerointi

Kuva. Maanmittauslaitos. Avoindata

- |                                                   |                                           |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. Vehkan kuilu ja hissitorni                     | 7. Huhtijärven avolouhos                  |
| 2. Mertakosken hissitorni ja rikastamorakennukset | 8. Valkeisen kosteikko                    |
| 3. Entinen Vehkalampi myöh. C-allas               | 9. K- allas                               |
| 4. Mertakosken kosteikko                          | 10. Purkuoja                              |
| 5. Väliallas                                      | 11. Valumavesien purkuputki puhdistamolle |
| 6. E-allas                                        | 12. Valumavesien puhdistamo               |

### 3 KOTALAHDEN KAIVOSALUEEN VALUMAVEDET

Kotalahden kaivosalue käsittää yli 100 ha alueen jolta muodostuvat sade ja sulamisvedet kerääntyvät pintavaluntana tai suotautumalla kosteikkoihin ja kaivoskuiluihin. Rikastehiekka on läjitetty kaivoksen toiminnan aikana lietteenä rikastehiekka-altaisiin. Altaat on merkitty kirjaimin A-, B-,D-, S- ja J-allas. Rikastehiekka alueen keskellä on kallioharjanne, joka jakaa veden valumisalueen eri suuntiin. Rikastehiekka-alue on vuonna 1987 kuivattu kaivamalla ojia altaiden pohjalle. Osa vesistä valuu pintavaluntana rikastehiekan pinnan muotojen mukaan. Altaisiin on tehty rumpuputkia patopenkkojen läpi pintavalunnan ohjaamiseksi C-altaaseen (kuva1. kohde3). A-altaasta vedet valuvat pintavaluntana Valkeisen kosteikkoon(kuva1, kohde8).

#### 3.1 Pintavalunta

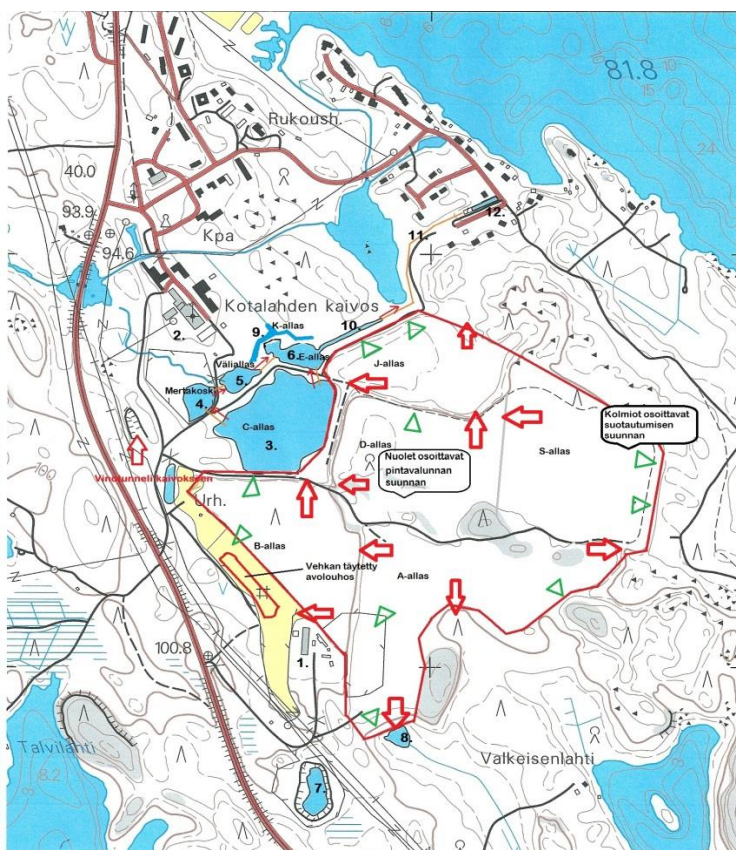
Sade ja sulamisvesiä kerääntyy rikastehiekka-alueelta runsaiden sateiden aikana sekä keväisin lumen sulaessa. Rikastehiekka on rakeisuudeltaan varsin hyvin vettä läpäisevää ja siksi pintavaluntaa esiintyy vain hyvin pitkäaikaisten ja rankkojen sateiden aikana. Keväisin nopea lumen sulaminen aiheuttaa luonnollisesti virtausta. Voimakas pintavalunta aiheuttaa rikastehiekan kulkeutumista kosteikkoaltaisiin ja veteen sitoutunut happi reagoi rikastehiekassa olevien mineraalien kanssa. Ennen vuotta 2009 rikastehiekka-alueita on peitetty osittain peittomateriaaleilla, joka vähentää rikastehiekan eroosiota ja hapettumista. Koko rikastehiekka-alueelle rakennettiin ympäristöluvan edellyttämä peittokerros, joka valmistui vuonna 2011.

#### 3.2 Veden suotautuminen

Suuri osa sade- ja sulamisvedestä suotautuu rikastehiekka kerrokseen. Suotovedet valuvat hiljalleen rikastehiekka-altaan pohjakerroksista alempiin maastonkohtiin ja kosteikkoaltaisiin. Rikastehiekkaalaiden peitto auttaa kasvillisuuden muodostumista alueelle. Kasvillisuus haihduttaa kasvukerroksessa olevaa vettä ja siten vähentää veden suotautumista rikastehiekka kerrokseen.

### 3.3 Tulkinta pintavalunnan ja suotautumisen suunnista

Kuvassa 2 punaiset nuolet osoittavat pintavalunnan suunnan ja kohdat joissa on pinnanmuotojen mukainen valuntareitti. Vihreät kolmiot osoittavat oletetun veden suotautumissuunnan rikastehiekassa. Arviointi on tehty maastohavaintojen perusteella rikastehiekkalueen reunoita, joissa on luonnollinen kallio tai alkuperäinen maastonkorkeus näkyvissä. Outokumpu Mining Oy:ltä on ympäristöluvassa edellytetty esitettäväksi muun muassa selvitys kaivosalueen hydrologiasta lupamääräysten tarkastamishakemukseen 31.12.2013 mennessä. Outokumpu teettää selvityksiä kesän 2013 aikana ja asiaa tullaan käsittelemään ympäristöluvan tarkastamishakemuksen yhteydessä.



Kuva 2. Kotalahden kaivosalue. Rikastehiekka-alue on rajattu kuvaan punaisella viivalla.

Kuva. Maanmittauslaitos. Avoin data.

### 3.4 Kaivoksen ylivuotovedet

Kaivoksen sulkemisen jälkeen kaivoksen on annettu täyttyä vedellä sortumisvaaran ehkäisemiseksi. Kotalahden kaivoksen erityispiirre on kaivoksesta purkautuva ylivuotovesi. Tarkalleen ei osata sanoa, miltä alueelta vesi purkautuu, mutta oletettavasti se on ns. Mertakosken kosteikon pohjasta. Kosteikon alla on Mertakosken malmio ja vinotunneli kaivoskuiluihin.

On todennäköistä, että kosteikon ja malmion välinen kiviaines on halkeillutta ja vesi virtaa laajalta alueelta ylös kosteikkoon. Osa ylös purkautuvasta vedestä on pohjavettä, mutta kaivoskuiluihin vuotaa vesiä kalliohalkeamista myös Kuopio- Varkaus (tie numero 5) tien länsipuolelta ylempänä olevista vesistöistä. On myös oletettavaa, että rikastehiekka-alueelta suotautuvat vedet osaltaan valuvat vehkan avolouhokseen ja siten lisäävät veden pinnan nousua kaivoksessa. Vuonna 2009 – 2010 tehtyjen vesipintojen kokeusmittausten perusteella kaivoskuilun ja mertakosken malmion vesipintojen ero on hyvin säännöllisesti 0,2 m, vaikka altaiden vesipinnat vaihtelisivatkin.

### 3.5 Ulkopuoliset pintavedet

Kaivoksen sulkemisen jälkeen rikastehiekka-alueen vesiin pääsi sekoittumaan myös ulkopuolisia ns. puhtaita vesiä. Tämä lisäsi kaivosalueen läpivirtaavan veden kokonaismäärää ja mahdollisesti myös Oravilahteen virranneiden haitallisten aineiden määrää. Ulkopuolisille vesille on rakennettu oma putkilinja vuosina 2005–2006, jolla vedet johdetaan kosteikkoaltaiden ohi Oravijokeen. Vuonna 2011 rakennettiin konepajan alueen ympäristön vesien tulvatilanteen parantamiseksi oja K-altaan vesien johtamiseksi Oravijokeen. Aikaisemmin vedet purkautuivat putkistoa pitkin.

## 4 KOTALAHDEN KAIVOSALUEEN YMPÄRISTÖKUORMITUS KAIVOSTOIMINNAN PÄÄTYTTYÄ

Toiminnan päätyttyä kaivosalueelle jäävistä rakenteista kuten jätealueet ja louhostilat, aiheutuvia päästöjä ilmaan ja vesiin vähennetään jälkihoitotoimilla, esimerkiksi jätealueen peittämisellä ja vesien käsittelyllä. Jälkihoitotoimenpiteiden ensisijaisena tavoitteena tulee olla päästöjen muodostumisen estäminen, ja toissijaisena päästöistä aiheutuvan kuormituksen vähentäminen. Tehokkain keino toiminnan jälkeisten päästöjen vähentämiseksi on huomioida sulkemistoimenpiteet jo kaivoksen suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa, esimerkiksi jätealueiden ja louhinnan suunnittelussa. (Suomen ympäristökeskus. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt SUOMEN YMPÄRISTÖ 29/2011)

1950-luvulla perustetuissa kaivoksissa jätealueiden suunnittelu ja tietämys ympäristönvaikutusten osalta on ollut puutteellista. Sivukivi ja rikastehiekka-alueelle ei ole tehty tiiviitä pohjarakenteita ja siten valumavesien virtauksia ja ohjailua on vaikea hallita.

### 4.1 Kotalahden kaivokselle myönnetyt ympäristöluvut

Ympäristönsuojelulain mukaan toiminnanharjoittaja vastaa toiminnan päätyttyä lupamääräysten mukaisesti ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarvittavista toimista, toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta lupapäätöksessä määrätyn ajan (YSL 90§). Kotalahden kaivokselle on myönnetty seuraavat lupapäätökset:

- Itä-Suomen vesioikeus on 24.4.1980 antamallaan päätöksellä nro 4/Ym III /80 myöntänyt Outokumpu Oy:lle luvan Kotalahden kaivoksen ja rikastamon jätevesien johtamiseen Oravilahteen.
- Itä-Suomen vesioikeus on 11.6.1987 antamallaan päätöksellä nro 33/VaI/87 jatkanut edellä mainitun päätöksen voimassaoloa vuoden 1991 loppuun.
- Itä-Suomen vesioikeus on 27.8.1992 antamallaan päätöksellä nro 71/92/2 määrännyt Outokumpu Finnmines Oy:n jatkamaan Kotalahden kaivoksen jätevesien jälkitarkkailua.
- Itä-Suomen vesioikeus on 30.9.1996 antamallaan päätöksellä nro 61/96/2 tilapäisen luvan ylittää Kotalahden kaivoksen jälkitarkkailussa vesioikeuden päätöksissä nro:t 33/Va I/87 ja 71/92/2 määrätty päästörajat vuosina 1996- 1998
- Itä-Suomen aluehallintovirasto on 30.8.2011 antamallaan päätöksellä nro 78/2011/1, tarkistanut Kotalahden vanhan kaivoksen kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistoimenpiteisiin 28.11.2007 myönnetyn toistaiseksi voimassa olevan ympäristöluvan nro 131/07/2

- Pohjois-Savon ympäristökeskus on velvoittanut 9.8.2005 antamalla päätöksellään (Dnro PSA-2001-Y-927-113) Outokumpu Mining Oy:n hakemaan jätevesien johtamiselle ja kaivosalueen kunnostustoimille ympäristönsuojelulain mukaista lupaa.
- Itä-Suomen ympäristölupavirasto on 28.11.2007 antamallaan päätöksellä (131/02/2) myöntänyt Outokumpu Mining Oy:lle ympäristöluvan toimintansa lopettaneen Kotalahden vanhan kaivoksen kunnostamis- ja päästöjen ehkäisytoimenpiteisiin. Samassa päätöksessä ympäristölupavirasto on myöntänyt Outokumpu Mining Oy:lle luvan Oravilahden syvänteeseen sijoitettavan purkuputken rakentamiseen.
- Vaasan hallinto-oikeus on 19.3.2009 antamallaan päätöksellä (09/0104/1) muuttanut Itä-Suomen ympäristölupaviraston antamaa päätöstä. Pohjois-Savon ympäristökeskus on vienyt asian korkeimman hallinto-oikeuden käsittelyyn vaatimalla vakuuden asettamista läjitysalueen jälkihoitotoimenpiteiden suorittamiselle. Muilta osin Vaasan hallinto-oikeuden muuttama ympäristölupa on lainvoimainen.
- Korkein hallinto-oikeus on 11.11.2010 antamallaan päätöksellään (1295/1/09) hylännyt Pohjois-Savon ympäristökeskuksen tekemän valituksen Vaasan hallinto-oikeuden päätöksestä.

Taulukko 1. Lupapäätösten mukaiset rajat Oravilahteen johdettavalle vedelle

| vuosi          | Lupapäätös<br>Nro: | rauta mg/l             | nikkeli mg/l           | kiintoaine mg/l         | pH  |
|----------------|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----|
| 1980           | 4/Ym III/80        | 3,0                    | 1,0                    | 10,0                    | 6-9 |
| 1987           | 33/Val/87          | 3,0                    | 1,0                    | 10,0                    | 6-9 |
| 1992           | 71/92/2            | 3,0                    | 1,0                    | 10,0                    | 6-9 |
| 1996 -<br>1998 | 61/96/2            | 3,0<br>ylitys sallittu | 1,0<br>ylitys sallittu | 10,0<br>ylitys sallittu | 6-9 |
| 2007           | ISY-2006-Y-19      | 10,0                   | 1,2                    | 20,0                    | 6-9 |
| 2009           | ISY-2006-Y-19      | 2,0                    | 1,0                    | 10,0                    | 6-9 |
| 2011           | ISAVI<br>78/2011/1 | 2,0                    | 1,0                    | 10,0                    | 6-9 |

## 4.2 Ympäristöluvan tarkkailu ja raportointi

Ympäristöluvan ehtojen täyttymistä tarkkaillaan vesinäytteillä ja kaisvosalueella tehdyt toimenpiteet kirjataan ja raportoidaan Ympäristöviranomaiselle. Raportin on sisällettävä alueen peittoon käytettyjen materiaalien määrä ja ominaisuustiedot, kuvaus tehdyistä ojituksista, valumavesien puhdistamon huoltotoimenpiteet ja poistetun sepelin sijaintialue sekä avolouhokseen lisätyn bakteeriympin määrä ja laatu.

### 4.2.1 Kaivosvesien tarkkailu

Kaivosvesillä tarkoitetaan suljetusta maanalaisesta kaivoksesta maanpinnalle nousevia, lähinnä mertakosken kosteikkoon tulevia vesiä. Kaivosvesiä tarkkaillaan kerran vuodessa otettavilla näytteillä. Näytteet on otettava Vehkan ja Ollin kuilusta sekä kaivoksen ylivuotovedestä. Kuilujen näytteet otetaan neljältä eri syvyydeltä (10, 30, 70 ja 100 metriä)

Näytteistä määritetään:

- lämpötila
- pH-arvo
- happi (mg/l ja %)
- sulfaatti
- rauta
- nikkeli
- kupari
- Kok. N
- Kok.P
- Kok. kolibakteerit

(Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy E 3021.12 Kotalahden kaivosalueen vesien ja purkuvesistön tarkkailuohjelma)

### 4.2.2 Oravilahteen johdettavat vedet

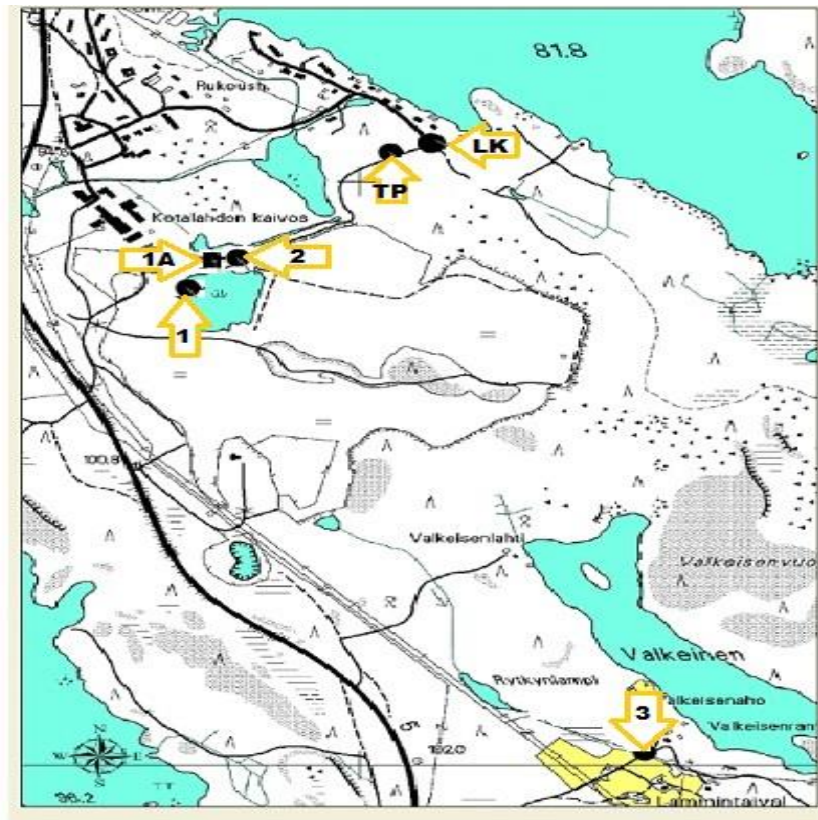
Oravilahteen johdettaviin vesiin kuuluu kaikki kaisvosalueelta kerääntyvät valumavedet sekä myös kaivoksen ulkopuoliset valumavedet, jotka kulkevat alueen kautta. Oravilahteen johdettavista vesistä otetaan neljä kertaa vuodessa, maaliskuussa, toukokuussa, elokuussa ja lokakuussa edustavat näytteet. Kaivosalueen eteläpuolisia vesiä tarkkaillaan Rytkynlamasta lähtevästä ojasta elokuun näytteenoton yhteydessä.

Näytteenoton yhteydessä mitataan virtaama ja lämpötila. Näytteistä analysoidaan

- happamuus
- sähkönjohtavuus
- kiintoaine-
- sulfaatti-

- rauta-
- mangaani-
- nikkeli-
- kuparipitoisuus.

Neljän ensimmäisen näytteenoton yhteydessä on lisäksi analysoitava kadmiumin liijyn ja elohopean pitoisuudet. Kaivosalueen eteläpuolisia vesiä tarkkaillaan Ryt kynlamme sta lähtevästä ojasta elokuun näytteenoton yhteydessä.



Kuva 3. Vesinäytteiden havaintopaikat

Kuva. Savo-Karjalan vesi ja ympäristötutkimus Oy 2009,4

Vesinäytteiden havaintopaikat ovat seuraavat :

- Puhdistamon tulokaivo (TP- asema)
- Puhdistamon lähtökaivo (LK- asema)
- C-allas, kosteikkoon tuleva vesi (1)
- E-allas, välialtaan alapuolinen rumpu (1A)
- C-allas, kostekosta poistuva vesi (2)
- Ryt kynlamme sta lähtevä oja,( asema 3

#### 4.2.3 Vaikutustarkkailu

Vaikutustarkkailulla seurataan muutoksia vesistön olosuhteissa pidemmällä aikavälillä. Vaikutustarkkailu suoritetaan ympäristökeskuksen 22.3.2006 hyväksymän Koirusveden, Oravilahden ja Arkkuselän yleistarkkailuohjelman (A2425) mukaisesti.

Oravilahden yhteistarkkailuun kuuluvat seuraavat tarkkailuvelvolliset:

- Outokumpu Mining Oy, Kotalahden kaivos
- Oravikosken taajama
- Järvi-Suomen Uittoyhdistys ry
- Vulcan Kotalahti Oy, Särkiniemen suljettu kaivos

Vesinäytteet otetaan seuraavilta havaintoasemilta:

| Havaintoaseman nimi                         | syvyys (m) | koordinaatit |
|---------------------------------------------|------------|--------------|
| Oravilahti, Kaivantolahti 1<br>353157       | 13 m       | 694311-      |
| Oravilahti, Kalmonsaaren edusta 2<br>353190 | 17 m       | 694287-      |
| Oravilahti 8, purkuojan edusta<br>353216    | 11 m       | 694230-      |
| Oravilahti III2<br>353254                   | 25 m       | 694241-      |
| Arkkuselkä III3<br>353478                   | 25 m       | 694147-      |
| Arkkuselkä III4<br>353552                   | 19 m       | 694102-      |
| Arkkuselkä III1<br>3534090                  | 12 m       | 6942147-     |

Näytteenottoajankohdat ovat maalís-huhtikuu sekä elokuu.

Näytteet asemilta Arkkuselkä III3 ja III4 otetaan syvyyksiltä 1 m, 10 m ja pohja-1 metriä.

Muilla asemilla näytteet otetaan syvyyksistä 1 metri ja pohja -1 metriä. Näytteet analysoidaan taulukon 2 mukaisesti. Lisäksi kahdella ensimmäisellä havaintokerralla näytteistä analysoidaan kadmiumin, lyijyn ja elohopean pitoisuudet. (Koirusveden Oravilahden ja Arkkuselän yhteistarkkailuohjelma, Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. 2009. 4)

Taulukko 2. Näytteiden analyysit

| määrittäminen         | Kaivan-<br>to-lahti1 | Kalmon-<br>saaren<br>ed | Oravi-<br>lahti8 | Oravi-<br>lahti III2 | Arkku-<br>sel-<br>käIII3 | Arkku-<br>sel-<br>käIII4 | Arkku-<br>selkä<br>III1 |
|-----------------------|----------------------|-------------------------|------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| happi                 | x                    | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| pH                    | x                    | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| sjk                   | x                    | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| väri                  | x                    | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| COD Mn                | x                    | x                       | x                | x                    | x 1m                     | x 1m                     | x 1m                    |
| konais N              | x                    | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| NH4N                  | x                    | x                       |                  | x                    |                          |                          |                         |
| kokonais P            | x                    | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| E.coli(1m)            | x                    | x                       |                  |                      |                          |                          |                         |
| Entero-<br>kokit (1m) | x                    | x                       |                  |                      |                          |                          |                         |
| Kiintoaine            | x pinta<br>-1m       | x pinta<br>-1m          | x pinta<br>-1m   | x pinta<br>-1m       |                          |                          |                         |
| rauta                 |                      | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| nikkeli               |                      | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| liukoinen-<br>nikkeli |                      | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| kupari                |                      | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| mangaani              |                      | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| sulfaatti             |                      | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| kok. kovuus           |                      | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |
| chl-a<br>(0-2 m)      | x                    | x                       | x                | x                    | x                        | x                        | x                       |

#### 4.2.4 Raportointi

Raportointi tarkkailutiedoista toimitetaan Pohjois-Savon ELY- keskukselle ja Leppävirran ympäristönsuojeluviranomaiselle vuosittain helmikuun loppuun mennessä. Raporttiin sisältyy yhteenveto tarkkailutiedoista sekä kuvaus näytteenotto-, analyysi-, ja laskentamenetelmistä.

#### 4.2.5 Muu tarkkailu ja seuranta

Ympäristöluvan tarkkailuvaatimusten lisäksi on Kotalahden kaivosalueella tehty lisäksi ylimääräistä vesien tarkkailua jälkihoitotoimenpiteiden aikana. Kotalahden kaivosalueella aloitettiin vesistöön kohdistuvien päästöjen vähentämiseen liittyvä koetoiminta vuonna 2010. Kotalahden kaivosalueen vesien hallintaan liittyvä koejärjestely on hyväksytty Pohjois-Savon ELY-keskuksen päätöksellä POSELY/39/07.00/2010. Koetoimintaa on jatkettu pienin muutoksin yhdessä Pohjois-Savon ELY-keskuksen yhteysviranomaisen kanssa. Koetoiminnan aikaisia pitoisuuksia on raportoitu vuosittain ELY-keskukselle.

Koetoiminnan tarkoituksena on johtaa kaivosalueen suotovesiä puhtaammat kaivoksen kuiluvedet (ylivuotovedet) ja ulkopuoliset ympäristön vedet ns. allaspuhdistamon ohitse lupapäätöksen nro 78/2011/1 määräyksen 1 mukaisesti. Puhtaammat vedet ohjataan Oravijokeen, kun taas haitta-ainepitoiset kaivosalueen vedet virtaavat allaspuhdistamolle ja sitä kautta Oravilahteen. Koetoiminnalla on vähennetty virtaavien vesien määrää allaspuhdistamolle ja tehostettu siten allaspuhdistamon raudan pidätyskykyä, sen kapasiteetille sopivammaksi. Jos asetetut pitoisuusrajat alittuvat pysyvästi kolmen peräkkäisen vuoden ajan, tarkkailusta voidaan luopua ja pitoisuusrajojen alittuminen on varmistettava vesistöön johdettavasta vedestä kerran vuodessa. Pohjois-Savon ELY-keskus voi perustellusta syystä muuttaa tarkkailuohjelmaa tai lopettaa sen, jos päästöjä ei synny.

#### 4.3 Tarkkailuohjelman mukaisia tuloksia vuosilta 2005–2012

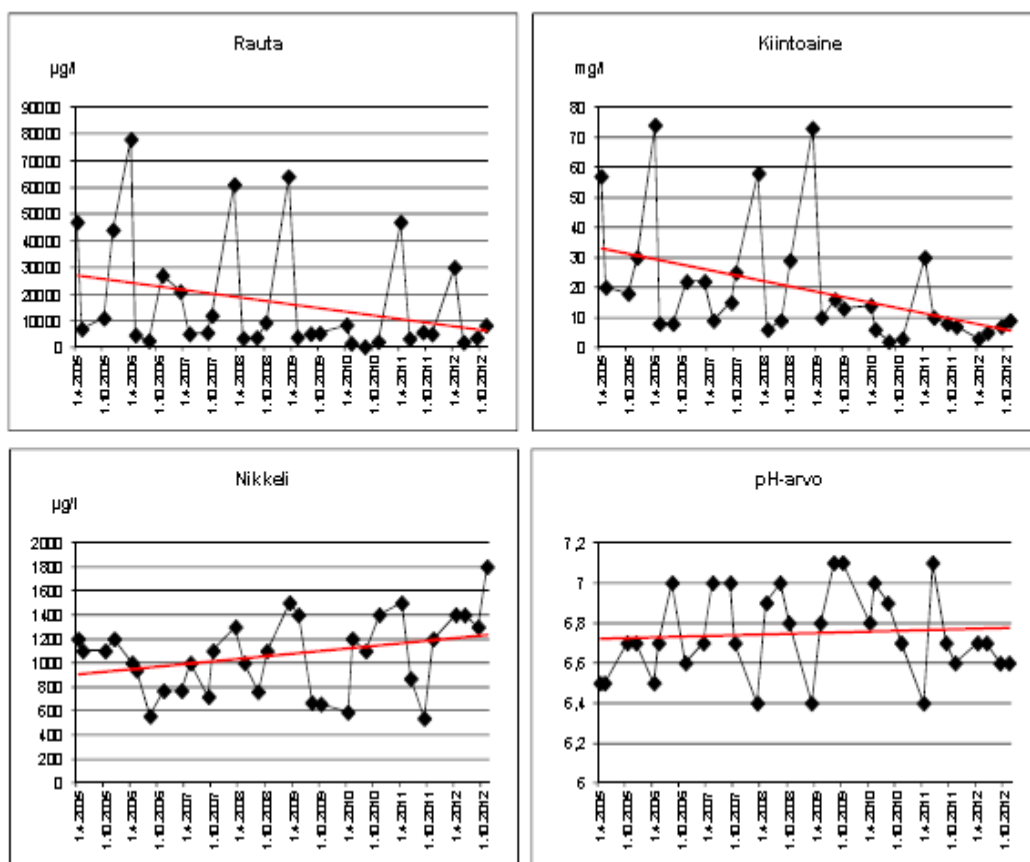
Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy toteutti Koirusveden yhteistarkkailun veloitettarkkailuvuonna 2012. Tarkkailuohjelman mukaisesti näytteitä otettiin maaliskuussa ja syyskuussa. Veden laatu oli tarkkailuvuonna edellisvuosien kaltaista. Selvimmät kuormitusvaikutukset näkyivät osassa syvänteitä hapen loppumisena, ainepitoisuuksien huomattavan nousuna sekä siitä seuraten korkeina elektrolyyttipitoisuuksina. Erityisesti Arkkuselän aseman III3 alusvedessä havaittiin poikkeuksellisen huonolaatuista vettä: metalli- ja sulfaattipitoisuudet olivat korkeita sekä pH-arvot matalia. Samoin Oravilahden aseman 3 alusvedessä oli vuonna 2012 korkeita pitoisuuksia. Kaivosvesien kuormitusvaikutus näkyi syvänteiden metallipitoisuuksien kasvuna. Lähinnä liukoisena esiintyvän nikkelin pitoisuudet ylittivät paikoin Oravilahdessa ja Arkkuselässä riskinarvioinnissa herkimmille vesieliöille arvioitun haitattoman tason. Päällysvedessä nikkelipitoisuudet ovat olleet alle vesieliöille arvioitua haitatonta tasoa ja alle ympäristölaatu normitaso (20 µg/l).

Oravikosken taajaman puhdistamon jätevesien ja uittotoiminnan vaikutus rajoittuu Kaintolahdessa kasvaneeseen hapenkultukseen alusvedessä ja sähkönjohtavuuden nousuun. Veden hygieeninen laatu säilyi hyvänä. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, Koirusveden yleistarkkailuohjelman vuosiyhteenveto 2012,)

#### 4.4 Kotalahden kaivoksen velvoitetarkkailu

Kaivoksen valumavesistä on otettu tarkkailuohjelman mukaiset näytteet. Vuosien 2009-2012 välisenä aikana valumavesien puhdistamisen tehostamiseksi tehtyjen koetoimenpiteiden aikana on veden laatua ja virtaamia seurattu tehostetusti.

Pidemmän aikavälin tarkastelussa havaitaan lupasuureiden vaihtelun olevan suurta yksittäisillä havaintokerroilla (kuva 4). Esimerkiksi raudan osalta pitoisuuspiikit ajoittuvat usein talviaikaan, jolloin raudan esiintymiseen vaikuttavat fysikaaliskemialliset ja biologiset prosessit ovat hitaita. Vaikka raudan pitoisuudet näyttäisivät vuosien 2005-2012 tarkastelujaksolla olevan laskusuuntaisia, niin nykyinen lupaehtotaso ei ole alittunut kuin muutamalla havaintokerralla. Nikkelin vuoden 2012 maksimipitoisuus oli myös suurin vuosien 2005- 2012 havaintojaksolla (kuva 4), myös vuoden keskiarvopitoisuus oli aiempaa suurempi. Kiintoaineen osalta näyttäisi olevan laskeva suuntaus (kuva 5). Veden pH-arvot ovat olleet lupaehtojen mukaisia kaikilla havaintokerroilla vuosina 2005- 2012. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. Kotalahden kaivosalueen vesitarkkailuraportti 2012, Tuomas Puranen)



Kuva 4 Puhdistamon lähtökaivon (LK- asema) lupasuureiden vaihtelu vuosina 2005-2012. (Savo- Karjalan Ympäristötutkimus Oy. Kotalahden kaivosalueen vesitarkkailuraportti 2012, Tuomas Puranen)

Vesienohjausjärjestelyllä on saatu aikaan positiivisia tuloksia Kotalahden kuormituksessa, mutta toisaalta puhtaiden vesien ohjaaminen tarkkailupisteen ohi on aiheuttanut kokonaispitoisuuksien nousua tarkkailupisteellä, kun puhtaat vedet eivät laimenna pitoisuuksia. Tutkimustuloksia ja niiden tulkintaa tullaan käsittelemään yksityiskohtaisemmin vuoden 2013 aikana tehtävässä ympäristölupa muutoshakemuksessa Outokumpu Mining Oy:n toimesta.

## 5 TEHDYT TOIMENPITEET PÄÄSTÖJEN EHKÄISEMISEKSI

### 5.1 Vesien kosteikkokäsittely

Vesien kosteikkokäsittelyllä erotetaan kosteikkoon ohjattavasta vedestä kiintoainesta ja ravinteita. Se soveltuu myös metallien kuten raudan ja nikkelin saostamiseen. Kosteikon toiminta perustuu veden hitaaseen virtaukseen, jolloin kiintoaines laskeutuu vesialtaan pohjalle. Kosteikkoon muodostunut tiheä kasvillisuus sitoo veden ravinteita. Veden hapettaminen lisää raudan saostumista altaassa.

Kotalahden maanalainen kaivos ja avolouhososat on täytetty vedellä hapettumisen vähentämiseksi ja sortumien ehkäisemiseksi. Kaivoksen kokonaisvesitilavuus on noin 3 miljoonaa m<sup>3</sup>. Toiminnan päättymisen jälkeen on kaivokseen virrannut ympäristön vettä todennäköisesti pääasiassa lännen suunnassa (5-tien takana) sijaitsevista järvistä. Kaivoksen vedet purkautuvat ylivuotona Mertakosken malmion yläpuolisen kallioperän ruhjeiden kautta Mertakosken altaaseen, joka on n. 2 ha:n suuruinen kasvittunut kosteikkoallas.

Valtaosa rikastushiekka-altaan suotovesistä suotautuu rikastushiekka-alueen luoteisnurkassa sijaitsevaan 5 ha:n suuruiseen C-altaaseen, joka on toiminut kosteikkona rikastushiekka-alueelta tuleville pinta- ja suotovesille kaivoksen perustamisesta lähtien. C-altaasta suotovedet ohjautuvat suotautumalla tai rakennetuilla putkiyhteyksillä Välialtaaseen tai E-altaaseen (päävesireittiin). Rikastushiekka-alueen pohjoispäädyn (J-läjitysaltaan) vähäinen määrä suotovesiä johdetaan keräysojien kautta rikastushiekka-alueen pohjoispäässä olevaan G-altaaseen. Suotovesien keräysojat on verhoiltu kalkkikivimurskeella. Altaassa olevan kalkkikivipadon läpi vedet ohjautuvat allaspuhdistamolle menevään purkuputkeen. Kalkkikivipadoilla on myös pH:ta kohottava vaikutus.

J- rikastushiekka-altaan padon läpi suotautuu happamia (pH 2,9- 5,1) vettä. Vedet kerätään ns. G-altaaseen, joka sijaitsee J- altaan koilliskulmassa. Keräysojassa on kalkkikiviturve suodatin joka parantaa suotoveden laatua. G-altaasta vedet valuvat kalkkikivipadon läpi puhdistamolle johtavaan putkilinjaan. Veden määrä on vähäinen, mutta vesinäytteiden mukaan puhdistamolle menevän veden nikkelipitoisuus lisääntyy E-altaan ja puhdistamon tulokaivon välillä.

Edellä mainittujen reittien lisäksi rikastushiekka-alueen eteläpäässä suotautuu vähäinen määrä vettä lähinnä keväällä sulamisaikaan. Padon alareunaan on rakennettu tukipenger moreenista. Padon alla sijainnut lammikko on muutettu kosteikoksi, jonka pinta-ala on noin 2 500 m<sup>2</sup>. Vedet valuvat kosteikossa kasvillisuuden läpi. Ennen kaivostoimintaa tämän alueen vedet ovat valuneet pohjoiseen Vehkalampeen. Nykyisin pato estää vesien valumisen pohjoiseen ja vedet virtaavat kaakkoon kohti Rytkynlampea

## 5.2 Valumavesien puhdistamo ja sen huolto

Oravilahteen laskettaville vesille on rakennettu puhdistamo kaivosalueen koillspuolelle vuonna 2001 (kuva7). E-altaasta vedet ohjautuvat sen pohjoispuolelta lähtevää purkuojaa ja siitä lähtevää maanalaista putkea pitkin lähellä Oravilahden rantaa sijaitsevaan puhdistamoon. Puhdistamon jälkeen vedet kulkevat maanalaista putkea pitkin ja purkautuvat Oravilahden rantaan. Puhdistamon mitoituksessa on läpivirtauksen olevan huomattavasti pienempi, kuin mitä se todellisuudessa on. Puhdistamon toiminnassa on ollut ongelmia, johtuen lähinnä puhdistamolle tulevan veden liian suuresta määrästä. Puhdistamolle tuleva vesimäärä vaihtelee voimakkaasti eri vuodenaikojen ja sademäärän mukaan. Varsinkin keväällä lumien sulamisen aikaan puhdistamo tulvii voimakkaasti.

Puhdistamolle ohjataan kaivostilojen ja C-altaan suotovesien lisäksi kaivosalueen ympäristön rikastushiekka-alueilta suotautuvia vesiä. Puhdistamolle tulevan veden määrää on pyritty pienentämään rakentamalla vuosina 2005–2006 putkilinja, ohjaamaan kaivosalueelle tulevat ulkopuoliset vedet kosteikkoaltaiden välistä K-altaaseen ja sieltä edelleen putkeapitkin Oravijokeen.

Puhdistamo on noin 100 metrin pituinen ja 10 metriä leveä. Vesi tulee puhdistamoon jakoputken levittämänä (kuva6). Ensimmäinen osa on n. 20 metrin pituinen kuivasuodatin, jossa on noin 25 cm paksu kalsiittimurskekerros. Puhdistamolle tuleva vesi jaettiin sepeli kerrokseen pituussuuntaisella putkistolla, joka oli reitetty valunnan levittämiseksi, samalla sepelin päälle valuva vesi hapettuu. Kalsiittimurskeella on myös pH:ta kohottava vaikutus. Veden hapettuminen saa aikaan raudansaostumisen puhdistamossa. Rautasakkaa kertyy runsaasti puhdistamon kuivasuodattimeen joten kivikerrosta joudutaan vaihtamaan varsin usein. Kesäaikana puhdistamon toiminta on tehokainta, koska veden viipymä puhdistamossa on pidempi ja virtaus hiljaista. Keväällä, kun veden virtaus on suurimmillaan se irroittaa saostunutta rautasakkaa kuivapuhdistimesta.

Kuivapuhdistimen jälkeen puhdistamossa on hidassuodatusallas. Allas on kaksiosainen jonka ensimmäisessä osassa on lamellit, joiden tarkoituksena on estää veden vapaa virtaus. Lamelleissa on vuoroin ylä ja alareunassa aukot, joiden kautta vesi pääsee virtaamaan edelleen. Lamelleilla pyritään erottamaan kiintoainesta virtaavasta vedestä. Hidassuodattimen toisessa osassa on n. 200 m<sup>2</sup>:n suuruinen allas jossa kiintoaine laskeutuu altaan pohjalle veden hitaan virtauksen ansiosta. Laskeutusallas tyhjennettiin vuonna 2008 puhdistamon sepelien vaihdon yhteydessä, mutta altaaseen ei ollut kertynyt kovin paljoa rautasakkaa, joten voidaan olettaa, että veden virtaus on liian kova kiintoaineksen tehokasta erottumista varten.

Hidassuodatusaltaan jälkeen on turvesuodinallas, jossa vesi virtaa sepelikerroksen läpi. Sepelikerros tukkeutuu rautasakasta varsin nopeasti ja kivet on vaihdettava lähes vuosittain. Vuonna 2010 puhdistamon sepelin vaihdon yhteydessä vaihdettiin ratasepelin tilalle kalsiittimurske ja puhdistamolle tulevalle vedelle rakennettiin jakoputkisto (kuva 6) joka jakaa veden tasaisesti murskekerrokseen. Laskeutusaltaan jälkeen rakennettiin toinen samanlainen jakoputkisto, joilla saatiin myös veden hapettuminen tehokkaammaksi.

Ennen puhdistamoa ja puhdistamon jälkeen on mittakaivot(nimellä TP ja LK ), joissa on V-mittapadot virtaamamittauksia varten. Kaivoista otetaan myös vesinäytteet, joilla tarkkaillaan läpivirtaavan veden laatua ja puhdistamon toimintaa. Kaivosalueelta puhdistamolle virtaavan veden määrää on tarkkailtu säännöllisesti. Tarkkailua on suoritettu tehostetusti vuosien 2009–2010 koetoimintojen aikana.

( Mittaustuloksia taulukko 3)

Taulukko 3 Puhdistamolle tulevien vesien virtaamat 2005- 2009 (Groundia Oy 2010, 5)

| Ajankohta       | m <sup>3</sup> /d | näytekerroja |
|-----------------|-------------------|--------------|
| 2005 vuoden ka. | 1472              | 3            |
| 2006 vuoden ka. | 914               | 3            |
| 2007 vuoden ka. | 1011              | 3            |
| 2008 vuoden ka. | 994               | -            |
| 2009 heinäkuu   | 172               | 8            |
| 2009 elokuu     | 249               | 10           |

Vuonna 2010 tehtiin myös valumavesien virtauksessa järjestelyjä joilla saatiin puhdistamon kuormitusta pienennettyä ja siten puhdistustehoa lisää. Vuonna 2010 tehtyjen puhdistamon muutostöiden jälkeen puhdistamolta lähtevän kiintoaine-, rauta- ja nikkelipitoisuuksien vaihtelu on tasaantunut. Rautapitoisuus alitti luparajan touko- ja elokuun näytteenotto-kerroilla. Puhdistamolle tulevan vesimäärän vähentäminen on parantanut puhdistamon toimintaa. Toisaalta veden pH ei pääse nousemaan puhdistamalla niin korkeaksi, että nikkelin saostumista tapahtuisi. (Groundia Oy. 2010. Koetoimintaraaportti.)



Kuva 6 Puhdistamoon tulevan veden jakoputken asennus

kuva Timo Järvinen 2010



Kuva 7 Kotalahden kaivoksen valumavesien puhdistamo. Lähimpänä märkäsuodin eli entinen laskeutusallas. kuva.Timo Järvinen 2010

Taulukko 4. Puhdistamon vesnäyteanalyysit (Groundia Oy 2010)

| Puhdistamon tulokaivo TP |     |              |              |                           |                      |
|--------------------------|-----|--------------|--------------|---------------------------|----------------------|
|                          | pH  | Fe<br>(mg/l) | Ni<br>(mg/l) | SO <sub>4</sub><br>(mg/l) | kiintoaine<br>(mg/l) |
| toukokuu '08             | 6.8 | 6.8          | 1.2          | 1700                      | 7                    |
| elokuu '08               | 6.9 | 5.2          | 0.83         | 1300                      | 14                   |
| maaliskuu '09            | 6.5 | 73           | 1.6          |                           |                      |
| toukokuu '09             | 6.6 | 14           | 1.3          |                           |                      |
| elokuu '09               | 6.9 | 8.2          | 0.68         |                           |                      |
| lokakuu '09              | 6.8 | 7.6          | 0.71         |                           |                      |
| huhtikuu '10             | 6.7 | 18           | 0.75         | 800                       | 22                   |
| elokuu '10               | 6.2 | 24           | 1.65         | 2800                      | 14.5                 |

| Puhdistamon lähtökaivo LK |     |              |              |                           |                      |
|---------------------------|-----|--------------|--------------|---------------------------|----------------------|
|                           | pH  | Fe<br>(mg/l) | Ni<br>(mg/l) | SO <sub>4</sub><br>(mg/l) | kiintoaine<br>(mg/l) |
| toukokuu '08              | 6.9 | 3.5          | 1            | 1600                      | 6                    |
| elokuu '08                | 7   | 3.8          | 0.76         | 1300                      | 9                    |
| maaliskuu '09             | 6.4 | 64           | 1.5          | 1800                      | 73                   |
| toukokuu '09              | 6.8 | 3.9          | 1.4          | 1300                      | 10                   |
| elokuu '09                | 7.1 | 5.2          | 0.67         | 1200                      | 16                   |
| lokakuu '09               | 7.1 | 5.4          | 0.66         | 1900                      | 13                   |
| huhtikuu '10              | 6.8 | 8.5          | 0.59         | 780                       | 14                   |
| elokuu '10                |     | 0.35         | 1.05         | 2500                      | 2.5                  |

### 5.3 Rikastehiekka-alueen peitto

Kotalahden kaivoksesta on louhittu malmia 1959–1987 välisenä aikana yhteensä 12,4 miljoonaa tonnia. Malmin päämineraalit olivat magneettikiisu, pentlandiitti, ja kuparikii-  
su sekä Jussin malmiossa pyriitti. Magneettikiisu sisälsi jonkin verran nikkeliä. Arvomi-  
neraalit on erotettu vaahdottamalla. Rikastushiekka on pumpattu lietteenä eri varas-  
toimisalueille kaivoksen kaakkoispuolelle. Vesi on johdettu selkeytysaltaiden kautta pu-  
kuojaan ja sieltä Oravilahteen. Rikastushiekka koostuu pääasiassa Magnesium- valtai-  
sista silikaateista, mutta Jussin malmiosta hiekkaan on tullut myös mustaliusketta ja  
karbonaatteja.

Hiekka sisältää:

- Rautaa n. 6,8 %
- rikkiä 0,9 %
- nikkeliä 650 mg/kg
- kuparia 340 mg/kg

Tuotanto loppui 1987. Kaikki sivukivet ja karkea osa rikastehiekasta on käytetty kaivoksen täyttöihin. Avolouhoksista ainoastaan Huhtijärveä ole täytetty. (Itä- Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 131/07/2, 2007,)

Rikastushiekka-alue on noin 70 ha:n suuruinen ja se on perustettu entiseen Vehkalampeen sekä sen itä ja eteläpuolisille alueille. Alue koostuu kuudesta eri-ikäisestä ja korkeudesta välipatojen rajaamasta osa-altaasta. Pääosin rikastehiekasta tehdyt padot ovat suotavia. Altaat on täytetty määräkorkeuteen rikastushiekalla, jonka kokonaismäärä on noin 9 miljoonaa tonnia. Altaiden pinta on muotoiltu siten, että sade ja sulamisvedet valuvat pääasiassa C-kosteikkoaltaaseen. Rikastehiekka-alue kuivattiin kesällä 1987 kaivamalla avo-ojat pintavesien johtamiseksi.

Vuonna 2008 on aloitettu Savon-Sellun prosessivesien puhdistamolietteen ajo rikastehiekka-alueelle EkokemOy:n toimesta. Peittomateriaalin kokonaismäärä oli 30 000 m<sup>3</sup> ja sitä levitettiin 2009–2011 välisenä aikana ja koko rikastushiekka-alue saatiin peitettyä suunnitelman mukaisesti.

#### 5.4 Rikastehiekka-alueen haittojen ehkäisy

Rikastehiekka-alueelle on istutettu puustoa ja varsinkin koivua on muodotunut luontaisesti. Puustoa ei ole muodostunut kaikkialle, koska rikastehiekka on ollut paljaana näkyvissä ja humuspitoista kasvukerrosta ei ole ollut. Jyrkkiin luiskiin ei ole muodostunut kavillisuutta ja ne olivat alttiina valumavesien aiheuttamalle eroosiolle.

Rikastehiekassa olevat sulfidimineraalit ovat magneettikiisu, kuparikiisu ja pyriitti. Näistä varsinkin pyriitti hajoaa veteen liuenneena olevan hapen avulla ja aiheuttaa happanta valumaa. Rikastehiekka-alueen peitolla vähennetään myös veden hapettavaa vaikutusta. Puhdistamolietteen levitystä varten on puustoa harvennettu siten, että konekalustolla on voitu liikkua työskentelyalueella. Puusto on harvennettu metäkoneen energiakouralla ja kertynyt puuaines on kerätty kasoihin ajotien varteen. Kerätty puusto on haketettu alueelle jätettyjen kukuväylien katteeksi vuonna 2011. Sellaiset alueet joissa on ollut runsas elinvoimainen puusto ja rehevä aluskasvillisuus on jätetty käsittelemättä ja on keskitytty alueisiin, joissa rikastehiekka on ollut paljaana näkyvissä. (kuva 8) . Paljas rikastehiekkapinta aiheuttaa kuivana pölyhaittoja ympäristöön ja on altis hapettumiselle. Eroosio ja pölyhaitat ovat vähentyneet koska koko rikastehiekka-alue on saatu peitettyä.



Kuva 8. Rikastehiekka-altaan pato ennen puhdistamolietteen levitystä.

Kuva Timo Järvinen 2010



Kuva 9. Tilanne huhtikuussa 2013.

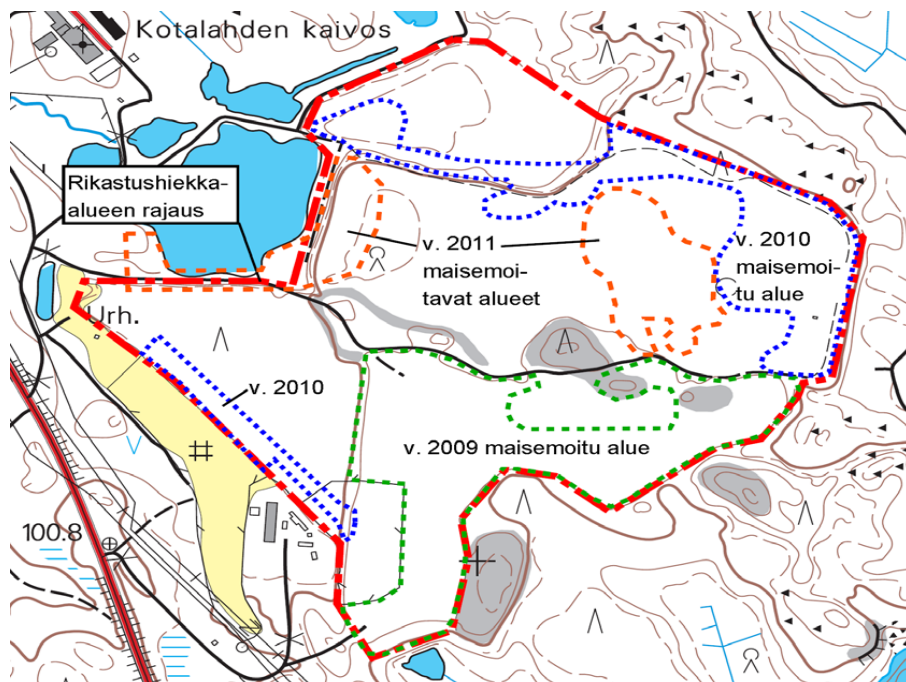
Kuva Timo Järvinen 2013

Paikoitellen rikastehiekan pintakerroksia on jouduttu muotoilemaan siten, etteivät sadedet jää rapakoiksi ja suotaudu näin rikastehiekkakerrokseen. Muutoin altaiden materiaalin kaivamista on vältetty, ettei rikastehiekkassa olevien mineraalien hapettuminen lisäännny. Syksyllä 2011 koko rikastehiekka-alueella olevat peittoa vaativat kohdat on saatu peitettyä. Peitetyille alueille on kylvetty heinänsiemenseos ja se on lähtenyt hyvin kasvuun. (kuva 10)



Kuva 10. A-altaan eteläpään, vuonna 2009 maisemoitu ja nurmetettu alue, kesäkuussa 2010. Kuva Timo Järvinen 2010

Rikastehiekka-altaan eteläpään luiskan muotoilusta voidaan nähdä, että lumien sulamisvesistä tuleva valumavesi ohjautuu luiskasta eteläpään kosteikkoon ja peittokerrokseen muodostunut kasvusto haihduttaa sadevesiä kasvukauden aikana. Rikastehiekka – alueelle tehdyn peittokerros luonnollisesti estää myös rikastehiekan pölyämisen ja haittumisen.



Kuva 11. Rikastehiekka-alueen maisemointi vuosina 2009-2011 (Outokumpu Mining Oy 2010,20)

Koekenttä, puhdistamolietteen kerrospaksuuden seurantaan.

Savonsellun puhdistamolietettä levitettiin Kotalahden kaivoksen rikastushiekka-alueelle n. 30 000 m<sup>3</sup> vuosien 2009-2011 välisenä aikana. Peittokerroksen paksuuden ohjearvona pidettiin 10-20cm. Kerrospaksuus vaihtelee lähinnä maaston epätasaisuuksista johtuen. Kompostoidun puhdistamolietteen kosteus ja koostumus vaihtelevat huomattavasti toimituserittäin. Peittokerroksen lopullisen paksuuden seurantaan tehtiin näytekenttä reikastehikka-alueelle elokuussa 2010. Näytemateriaaleiksi otettiin kaksi kosteudeltaan ja koostumukseltaan toisistaan huomattavasti poikkeavaa erää (Kostetta ei mitattu mitauslaitteella). Koekentälle tasattiin n 500 m<sup>2</sup> alue. Alueelle lyötiin kahteen riviin puupaalut 5m. etäisyydelle toisistaan. Puupaaluihin merkittiin kerrospaksuudet 10 cm välein alkaen 20 cm-50 cm:iin. (kuva 12.) Puhdistamoliete-erät levitettiin koekentälle tasaiseksi kerrokseksi korkolapun yläpinnan tasalle.



Kuva 12. Kuvan vasemmassa reunassa näkyy täytetty koe-alue numero1. ja kone täyttämässä koealuetta numero 2. Paaluihin on merkitty kerrospaksuudet 20-, 30-, 40- ja 50 cm. Kuva Timo Järvinen, 2010



Kuva 13. Koekenttä huhtikuussa 2013. kuvasta näkyy, että peittokerrokseen on muodostunut elinvoimainen kasvipeite. Kuva Timo Järvinen, 2013

Peittokerroksen painumista tarkkailtiin vuonna 2011 ja viimeisin mittaustulos on huhtikuulta 2013. (Taulukko 5 ja 6)

Taulukko 5. Koekentän mittaustulokset. Kenttä 1. kostea puhdistamoliete, Kenttä 2. kuiva puhdistamoliete

| kerroksen<br>paksuus cm.<br>16.8.2010 | kerroksen<br>paksuus cm.<br>18.6.2011 |         | kerroksen<br>paksuus cm.<br>20.4.2013 |         | kokonais painuma<br>cm.<br>20.4.2013 |           | painuman<br>keskiarvo<br>cm |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|--------------------------------------|-----------|-----------------------------|
|                                       | kenttä1                               | kenttä2 | kenttä1                               | kenttä2 | kenttä1.                             | kenttä 2. |                             |
| 50                                    | 38                                    | 36      | 33                                    | 33      | 17                                   | 17        | 17                          |
| 40                                    | 29                                    | 30      | 25                                    | 28      | 15                                   | 13        | 14                          |
| 30                                    | 24                                    | 21      | 21                                    | 19      | 9                                    | 11        | 10                          |
| 20                                    | 16                                    | 13      | 14                                    | 11      | 6                                    | 9         | 7,5                         |

Taulukko 6 Painuma prosentteina

| kerrospaksuus cm. | painuman keskiarvo<br>cm kenttä1/kenttä2 | painuma % |
|-------------------|------------------------------------------|-----------|
| 50                | 17                                       | 34        |
| 40                | 14                                       | 35        |
| 30                | 10                                       | 33        |
| 20                | 7,5                                      | 37        |

Koeen tuloksena voidaan todeta että puhdistamolietteen levityskerros on painunut keskimäärin 35 % kolmen vuoden kuluessa levittämisestä. Hyvän kasvualustan saavuttamiseksi tarvitaan vähintään 15 cm kerros puhdistamolietettä, joten levitysaikainen kerrospaksuus on oltava vähintään 23cm.

### 5.5 Sulfaatinpelkistyksen hyödyntäminen kaivosvesien käsittelyssä

Happamien kaivosvesien aiheuttamat haitalliset ympäristövaikutukset eivät lopu kaivostoiminnan päättyessä, vaan niiden ympäristöä kuormittava vaikutus saattaa kestää useiden vuosikymmenien ajan. Kemiallinen käsittely ei sovellu pitkäaikaiseen kaivosvesipäästöjen hallintaan säännöllisen ylläpito- ja huoltotarpeen vuoksi (Gazea et al. 1996). Tästä johtuen on pyritty kehittämään suhteellisen halpoja ja helposti ylläpidettäviä käsittelymenetelmiä, joissa hyödynnetään luonnossa tapahtuvia mikrobiologisia prosesseja (Riekkola-Vanhanen & Mustikkamäki 1997). Seuraavassa on esitelty sulfaatinpelkistäjäbakteerien aktiivisuuteen perustuvia käsittelysovelluksia.

#### 5.5.1 Louhoskäsittely

Louhoskäsittelyssä, kaivoksen toiminnan aikana syntynyttä ja käytön jälkeen vedellä täyttynyttä avolouhosta tai kaivoskuilua hyödynnetään bioreaktorina. Käytännön toteutuksessa louhokseen lisätään tyypillisesti bakteerilähdettä sekä tarvittaessa sopivia hiilen- ja ravinteiden lähteitä (Riekkola-Vanhanen 1999, Riekkola-Vanhanen & Mustikkamäki 1997), jotka stimuloivat sulfaatinpelkistäjien toimintaa ja johtavat lisääntyneen bakteeritoiminnan kautta sulfaatti- ja metallipitoisuuksien alenemiseen (Lyew et al. 1994). Näin voidaan vaikuttaa louhoksista purkautuvan veden laatuun jo ennen kuin se kulkeutuu muualle ympäristöön.

Käsittelyssä avolouhoksen tai kaivoskuilun pohjalle tai seinämiin muodostuu sopivissa olosuhteissa aktiivinen sulfaatinpelkistäjäkanta, joka saa kasvuun tarvitsemansa orgaanisenhiilen ja ravinteet bakteerikannan mukana lisätystä substraatista. Optimitapauksessalouhoksen pohjalle ja pohjalla oleville tarttumispinnoille muodostuu mikrobikanta, joka pystyy elättämään itse itsensä

## 5.5.2 Louhokäsittelyn toteuttaminen käytännössä

Louhokäsittelyllä tarkoitetaan käsittelymenetelmää, jossa vedellä täyttynyttä kaivoskuiluatai avolouhusta hyödynnetään bioreaktorina, ja louhoksessa ja myös muualla kaivosalueellasyntyneet vedet käsitellään louhoksessa in situ. Käsittelyssä hyödynnetään sulfaatinpelkistäjäbakteereita, joiden toimintaa aktivoimalla pyritään alentamaan kaivosvesissä yleisesti esiintyvien metallien ja sulfaatin pitoisuutta. Erilaiset anaerobiset lietteet ja mm. eläinten lanta sisältävät runsaasti sulfaatinpelkistäjäbakteereita sekä bakteerienkasvuun tarvittavia ravinteita. Hyödyntämällä käsittelyssä tämän kaltaisia substraattimateriaaleja voidaan kaivosvesiä käsitellä yksinkertaisella ja edullisella tavalla. Kotalahdessa substraattimateriaalina hyödynnettiin sianlantaa, jota lisättiin useaan otteeseen vuosina 1996–1997.

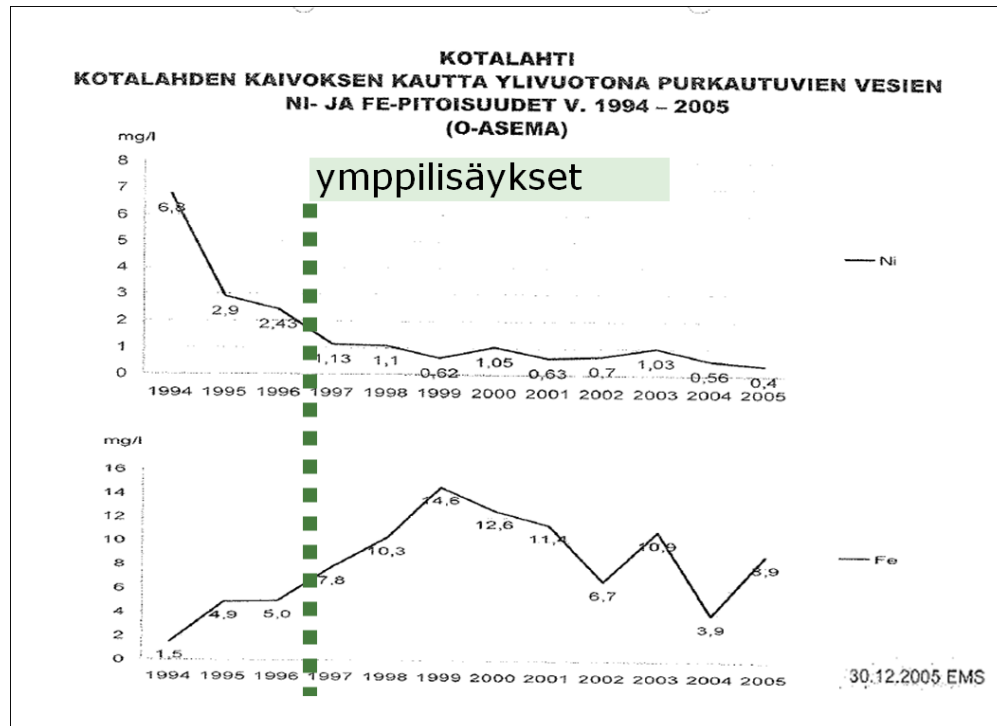
Taulukko 7. Kotalahden kaivoksen veden analyysitiedot 1996.2007.

Sianlantaa on lisätty useaan otteeseen vuosina 1996.1997.

| Aika       | Syvyys | O <sub>2</sub><br>(mg/l) | pH  | Fe<br>(mg/l) | Cu<br>(mg/l) | Ni<br>(mg/l) | SO <sub>4</sub><br>(mg/l) | Mn<br>(mg/l) | Kiintoaines<br>(mg/l) |
|------------|--------|--------------------------|-----|--------------|--------------|--------------|---------------------------|--------------|-----------------------|
| 19.12.1996 | -50    | 3,6                      | 6,7 | 3,1          | < 0,02       | 2,7          | 960                       |              |                       |
|            | -75    | 3,9                      | 6,5 | 2,9          | < 0,02       | 3,1          | 970                       |              |                       |
|            | -100   | 3,1                      | 6,5 | 2,9          | < 0,02       | 3,2          | 940                       |              |                       |
| 11.9.1997  | -10    | 0                        | 7   | 4,5          | 0,09         | 0,04         | 930                       | 4,8          |                       |
|            | -20    | 0                        | 6,8 | 4,4          | 0,04         | 0,04         | 1000                      | 4,8          |                       |
|            | -30    | 0                        | 6,9 | 4,7          | < 0,02       | 0,05         | 1000                      | 4,8          |                       |
|            | -50    | 0                        | 6,7 | 11           | < 0,02       | 0,46         | 1100                      | 4,7          |                       |
|            | -70    | 0                        | 6,4 | 23           | 0,06         | 1,5          | 1100                      | 4,4          |                       |
|            | -100   | 0                        | 6,3 | 23           | < 0,02       | 1,8          | 1100                      | 4,3          |                       |
| 19.1.1999  | -10    | 0                        | 7   | 1,6          | < 0,03       | 0,13         | 210                       | 0,57         |                       |
|            | -30    | 0                        | 7,1 | 0,15         | < 0,03       | 0,01         | 600                       | 2,8          |                       |
|            | -70    | 0                        | 6,9 | 10           | < 0,03       | 0,08         | 720                       | 3            |                       |
|            | -100   | 0                        | 6,8 | 16           | < 0,03       | 0,1          | 910                       | 3,7          |                       |
| 18.12.2003 | -10    | 0                        | 7,4 | 0,041        | < 0,03       | 0,15         | 120                       | 0,31         | 14                    |
|            | -30    | 0                        | 7,4 | 0,045        | < 0,03       | 0,14         | 130                       | 0,3          | 21                    |
|            | -70    | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,03       | 0,11         | 130                       | 0,34         | 17                    |
|            | -100   | 0,15                     | 7,5 | 0,041        | < 0,03       | 0,1          | 130                       | 0,33         | 44                    |
| 21.12.2005 | -10    | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,02       | 0,2          | 110                       | 0,19         | 8                     |
|            | -30    | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,02       | 0,15         | 110                       | 0,21         | 7                     |
|            | -70    | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,02       | 0,31         | 150                       | 0,18         | 78                    |
|            | -100   | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,02       | 0,078        | 130                       | 0,28         | 20                    |
| 10.12.2007 | -10    | 0                        | 7,5 | 0,55         | < 0,03       | 0,11         | 110                       | 0,28         |                       |
|            | -30    | 0                        | 7,5 | 0,57         | < 0,03       | 0,1          | 110                       | 0,28         |                       |
|            | -70    | 0                        | 7,4 | 1,2          | < 0,03       | 0,09         | 140                       | 0,43         |                       |
|            | -100   | 0                        | 7,5 | 0,58         | < 0,03       | 0,098        | 110                       | 0,28         |                       |

Tuloksista nähdään, että veden metallipitoisuudet ja sulfaattipitoisuus ovat olleet hyvin alhaiset jo vuodesta 1999 lähtien eikä suuria muutoksia pitoisuuksissa ole tämän jälkeen havaittavissa. Mangaani ja rauta ovat saostuneet viimeisenä metallien sulfidisaostusjärjestyksen mukaisesti, ja pitoisuudet ovat lähteneet laskuun yhdessä veden sulfaattipitoisuuden kanssa. Koska vesien laatuun vaikuttavia toimenpiteitä on toteutettu viimeksi vuonna 1999, voidaan todeta, että Vehkan kuiluun on syntynyt itseään elättävä sulfaatinpelkistäjäkanta, joka on kyennyt toimimaan itsenäisesti jo useamman vuo-

den ajan. Mikäli olosuhteet kaivoksessa pysyvät suhteellisen muuttumattomina, on louhoskäsittely kestävä ratkaisu myös pidemmällä aikavälillä. Tavallista on, että käsittelyn käynnistyminen vaatii useamman substraattilisäyksen, jotta kaivokseen saadaan kertymään riittävästi orgaanista ainesta ja ravinteita bakteerien tarpeisiin (Sulfaatinpelkistyksen hyödyttäminen happamien kaivosvesien käsittelyssä Vestola /Mroueh2008, )



Kuva 14. Kotalahden vanhan kaivoksen jälkihoitoon liittyvän bakteeriympin lisäyksen (vuosina 1996–1997) vaikutukset välialtaan nikkeli- ja rautapitoisuuksiin. Kuva: E. Soininen, Outokumpu Mining Oy.

Voimassaoleva lupapäätöksen mukaan bakteeriympin lisäystä kaivosveteen arvioidaan seuraavan ympäristölupahakemuksen yhteydessä, lupaehdon 3. mukaan

*" Sulfaatinpelkistäjä bakteeriympin tai bakteeriravinteita saadaan tarvittaessa lisätä kaivosveteen tarkkailutulosten perusteella. Ympin tai ravinteiden lisäämisestä on ilmoitettava Pohjois-Savon ympäristökeskukselle sekä Leppävirran kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle 3 kuukautta ennen toimenpiteeseen ryhtymistä. Ilmoituksessa on käytävä ilmi tarvittavan ympin tai ravinteiden määrän laskentaperusteet, lisättävä määrä ja sen laatu sekä perustelut lisäykselle."*

(Itä-Suomen aluehallintoviraston päätös78/2011/8/30 lupaehto 3)

## 5.6 Koepumppaus kaivoskuilusta

Vuonna 2009 aloitetun ensimmäinen vaihe oli kaivoskuilusta tehtävä koepumppaus (kuva 15). Kokeilun tarkoituksena oli muttaa kaivoksen ylivuotoveden vitaussuuntaa siten, että vesi virtaisi mertakosken kosteikosta takaisin kaivoskuiluun. Kokeilussa lähtökohtana oli pumpata vettä Vehkan hissitornin kaivoskuilusta ja siten alentaa kaivosveden pintaa. Vesinäytteiden perusteella oli syytä olettaa, että kaivoskuilun yläosan veden laatu oli niin hyvä että sen voi johtaa suoraan vesistöön. Koetoiminnassa pumpattu vesi johdettiin putkilinjaan, joka johtaa ympäristöstä tulevia puhtaita vesiä K- altaaseen ja Oravijokeen. Pohjois-Savon ympäristökeskus antoi luvan pumppauskokeilulle, 17.7.2009.

Vehkan kuiluun rakennettiin pumppaamo ja lähtöpäähän asennettiin venttiili, jolla saatiin säädetyä virtausta. Ensimmäinen koepumppaus aloitettiin 31.8.2009. Pumppaus aloitettiin teholla  $200 \text{ m}^3/\text{d}$  jonka jälkeen tehoa nostettiin seuraavana päivänä vaihteittain tasolle  $1100 \text{ m}^3/\text{d}$ . Koetoiminnan kolmantena päivänä havaittiin vinotunnelin vesipinnan laskeneen 10–15 cm. jolloin pumppaustehoa pinennettiin tasolle  $400 \text{ m}^3/\text{d}$  jäljätenä pumppauspäivänä havaittiin vedessä merkkejä kiintoaineksesta ja vesi oli ajoittain ruskeaa. Viidentenä päivänä todettiin veden muuttuneen ruskeaksi ja pumppaus lopetettiin. Veden samentuminen johtui todennäköisesti suuresta pumppaustehosta. Vedenpinnanlasku aiheutti läheiseen avolouhokseen läjitettyjen allaspuhdisamosta poistettujen rautasakkojen liikkeelle lähdön.

Toinen pumppauskokeilu järjestettiin samasta vehkan kuilusta. Ennen pumppauksen aloitusta tehtiin putkistoon muutosniin, että vedet ohjattiin putkesta koetoiminnan ajan ilmastusportaan kautta C-altaaseen (kuva 15). Tällä järjestelyllä saatiin vedet ohjattua kosteikkokäsittelyyn, eikä suoraan ympäristöön. Vedenlaadun heikkeneminen ei näin ollen aiheuttaisi haittaa ympäristölle. Toinen pumppauskokeilu aloitettiin 29.9.2009 pumppaustehon ollessa  $350 \text{ m}^3/\text{d}$ . Virtausta kuristettiin tasolle  $120 \text{ m}^3/\text{d}$ , tällä teholla pumpattiin kokeilun loppuun 19.11.2009 saakka. Vesi oli silminnähden kirkasta koko koepumppauksen ajan Vinotunnelista ja kosteikkoaltaista tehtyjen vesipintojen korkeushavaintojen perusteella kaivosveden virtaussuunta oli muuttunut oletetulla tavalla. Kuitenkin kokeen aikana otettujen vesinäytteiden perusteella veden laatu ei täyttänyt ympäristöluvan ehtoja kiintoaineen ja raudan osalta. Kiintoainepitoisuus oli n.  $20 \text{ mg/l}$  kun luparaja on  $10 \text{ mg/l}$  ja raudalla pitoisuus oli n.  $25 \text{ mg/l}$ , kun luparaja on  $2 \text{ mg/l}$ .



Kuva 15. Koepumppausveden purkuputken ja puisen ilmastusportaan asennus C-altaaseen.  
Kuva. Timo Järvinen 2009

### 5.7 Koetoiminan mittaukset ja seuranta

Vuonna 2009 asennettiin C-kosteikkoaltaasta mertakosken altaaseen ja E-altaaseen menevien putkien C-altaan puoleisiin päihin kulmakappaleet ja nousuputket, joiden päät asetettiin tasolle + 88,50(KKJ 60). Näillä putkilla saatiin C-altaan vedenpinta nousuun, veden virtaussuunnan muuttamista varten. Samalla asennettiin venttiilillä varustettu väliputki C-altaan ja mertakosken ylivuotoaltaan välille. Tämän järjestelyn jälkeen C-altaaseen kerääntyvät pintavalunta- ja suotovedet eivät päässeet muihin altaisiin, muuten kuin patopenkereen läpi suotautumalla.

Mertakosken altaasta valuvat vedet kulkivat välialtaan kautta E-altaaseen ja edelleen purkuojaa pitkin puhdistamolle. Vuoden 2010 koetoiminnassa muutettiin veden virtaus-ta siten, että kaivoksen ylivuotovedet ohjattiin välialtaasta rakenettua putkea pitkin K-altaan kautta Oravijokeen. Vesien pääsy Välialtaasta E-altaaseen estettiin patoamalla altaiden välinen putki.

Välialtaasta K-altaaseen asennettussa putkeen oli rakennettu V-mittapato, jolla voitiin havainnollistaa putken läpi virtaavan veden määrä. Mittapato tunnetaan myöhemmin nimellä M1 (mittapadon rakenne kuva 16).

Ennen koetoiminnan aloittamista Oravijoen ja puhdistamolle tulevan veden laatu selvitetiin ja näytteistä analysoitiin pH, rauta, kiintoaines, sulfaatti ja nikkeli. Näin varmistettiin, että veden laatu alittaa ympäristöluvassa asetetut pitoisuusrajat. Vesien laatua tarkkailtiin koetoiminnan aikana noin kerran kuukaudessa kolmesta havaintopisteestä:

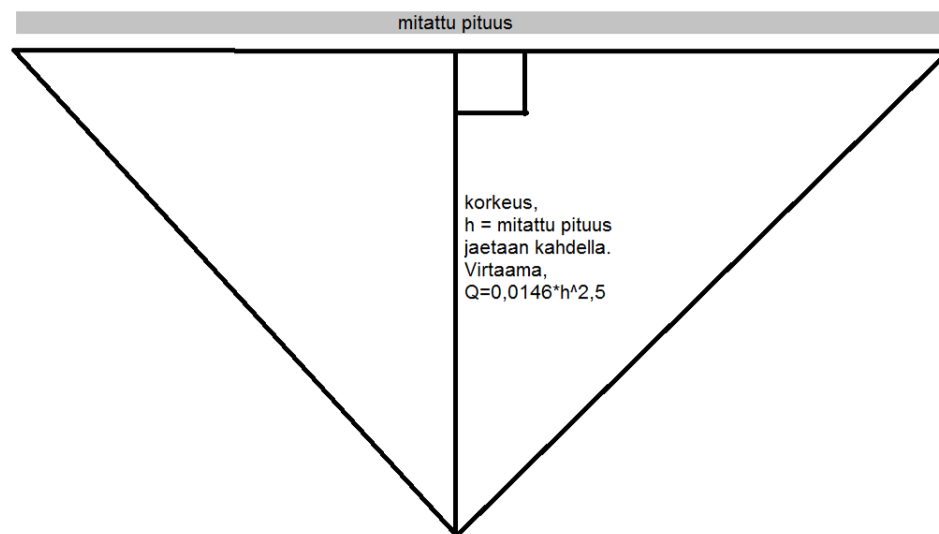
1. Väliallas, Mertakosken ylivuotoaltalta välialtaalle tulevat vedet
2. Oravijoki,
3. Puhdistamo, puhdistamolle tuleva vesi TP

Veden virtaamia on mitattu koetoiminnan alkuvaiheessa viikottain. M2-mittapadon luona on havainnoitu myös sademäärää ja sen vaikutusta virtaamaan. Veden virtaamamääriä on havainnoitu kolmesta paikasta:

1. Välialtaan ja K-altaan välisestä mittapadosta, M1
2. E- altaalta lähtevän purkuojan suulta, mittapadosta M2
3. Puhdistamon tulokaivosta, TP

#### 5.7.1 Virtaaman mittaaminen V-mittapadolla

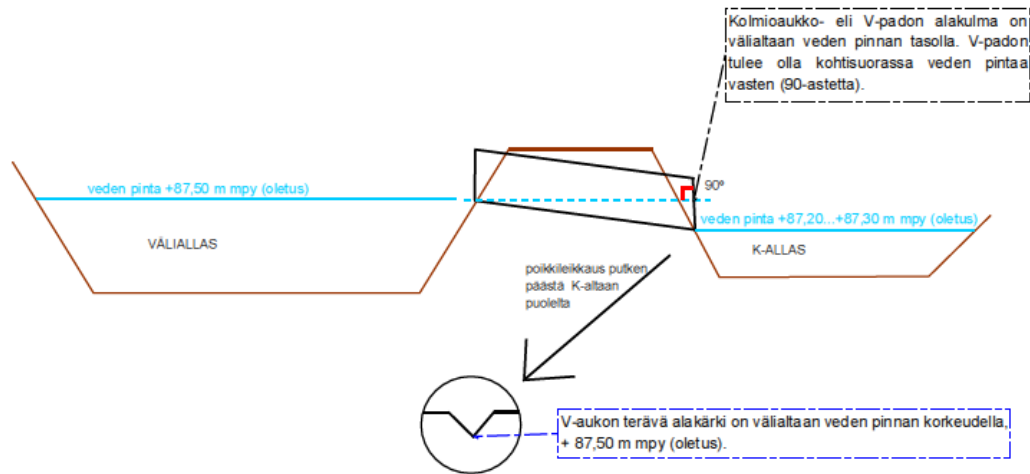
Virtaamamittauksia voidaan tehdä varsin yksinkertaisella mittausmenetelmällä, jota sanotaan V- mittapadoksi tai Thompsonin padoksi. Seuraavassa on esitetty rumpuputkeen asennetun mittauksen periaate ja virtaaman laskentakaava. Vuoden 2010 koetoiminnassa rakennettiin samalla periaatteella M1 ja M2 mittapadot virtaamamäärien seurantaan.



Kuva 16 V-mittapadon mittausperiaate ja laskentakaava (Kuva Groundia Oy, koetoimintasuunnitelma 2010 )

Kotalahden vanhan kaivoksen vesien hallintaan liittyvä koejärjestely, v. 2010

Välialtaan ja K-altaan väliin asennettavan putken periaatepiirros (12.5.2010)  
passiivinen kaivosvesien johtaminen-koetoiminta



Kuva 17. M1- mittapadon periaatekuva (kuva Groundia, Koivuhuhta, 2010)



Kuva 18. Vesien järjestely ja mittapatojen paikat koetoiminnassa 2010 (kuva, Groundia Oy 2010 Koetoimintasuunnitelma.)

Veden virtaamissa vaihtelut ovat olleet suuria M1 padolla. Suurimmillaan virtaama on ollut joulukuussa 2011 lumipeitteen aikaan. Virtaamaan nousu voi johtua samaan aikaan C-altaalla tehdyistä maansiirtotöistä ja Mertakosken altaalle rakenneteilla olevan hapettimen asennustöistä. Keskimäärin virtaamat ovat vaihdelleet M1-padolla 200-500 m<sup>3</sup>/d välillä ja M2 padolla 20-130 m<sup>3</sup>/d välillä. Edellisen vuoden arvoihin verrattuna virtaamat ovat kasvaneet, mutta todennäköisin syy arvojen kohoamiseen on suurempi sademäärä. Kotalahden kaivosalueen virtaamamittausten keskiarvotulokset (m<sup>3</sup>/d) koetoiminnanaikana vuonna 2010 taulukossa 8.

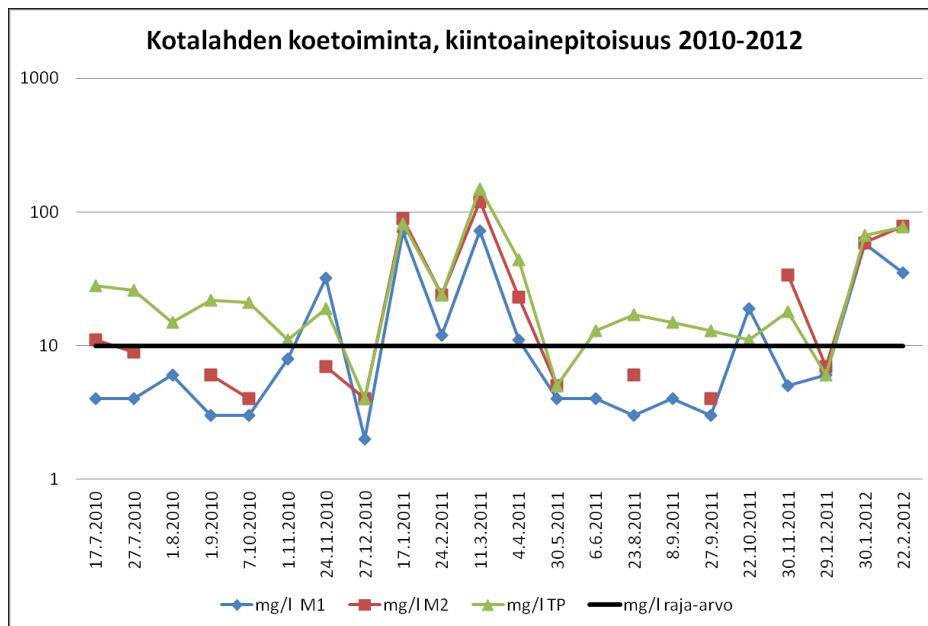
Syyskuun sademäärä on yksittäinen tulos 15.9.2010\* ja lokakuulta ei ollut käytettävissä sadantatietoja. Lyhenne; n = havaintojen lukumäärä. (Outokumpu Oyj vuosiraportti, Samuli Nikula 2012).

Taulukko 8. Kotalahden kaivosalueen sadanta- ja virtaamatarkkailun tuloksia.

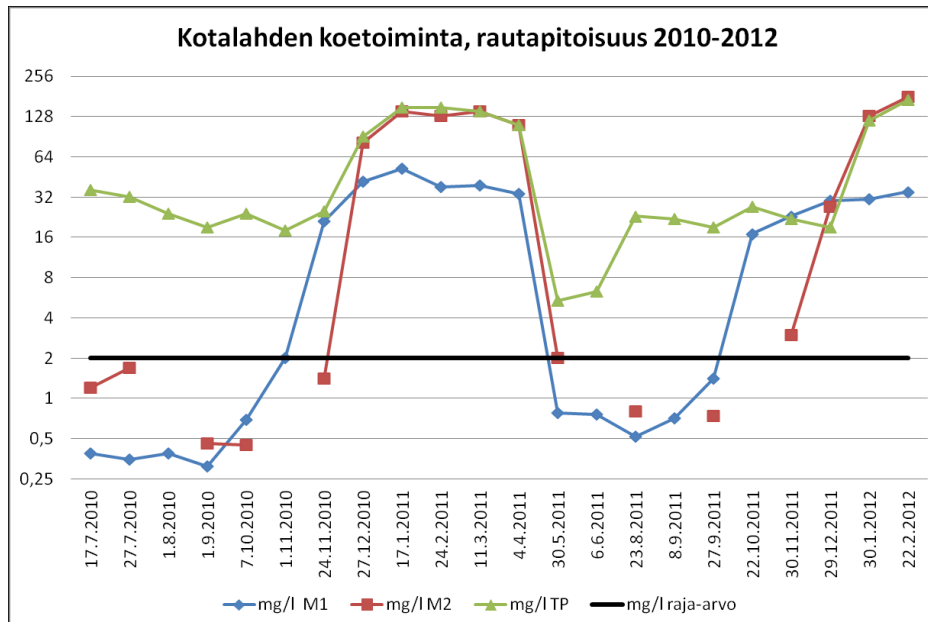
|          | <b>sadanta<br/>(mm)</b> | <b>M1<br/>(m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>M2<br/>(m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>TP<br/>(m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>LK<br/>(m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>n</b> |
|----------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------|
| heinäkuu | 29                      | 262                             | 49                              | 78                              | 113                             | 23       |
| elokuu   | 82                      | 349                             | 100                             | 140                             | 169                             | 13       |
| syyskuu  | 40*                     | 396                             | 108                             | 153                             | 246                             | 2        |
| lokakuu  | -                       | 425                             | 100                             | 136                             | 164                             | 2        |

## 5.8 Veden laatu koetoiminnan aikana 2010–2012

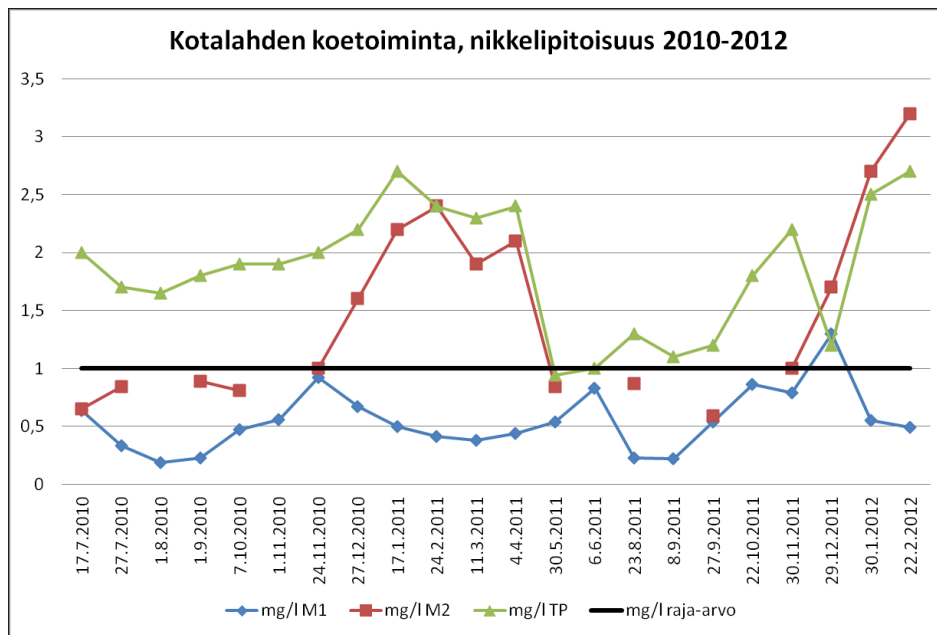
Veden laatua tarkkailtiin ottamalla vesinäytteitä ennen koetoimintaa ja sen aikana, kolmesta pisteestä noin kerran kuussa. Oravijokeen johdettujen vesien pitoisuudet eivät ylittäneet ympäristöluvan ehtoja kesän koetoiminnan aikana, joten koetoimintaa jatkettiin. Marras- huhtikuun välisenä aikana mittapadoilla M1 ja M2 rautapitoisuus kiintoaine ylittävät pitoisuusrajat. Tämä johtuu veden happipitoisuuden alenemisestä, silloin kun altaissa on jääpeite. Myöskään kasvillisuus ei sido rautasaostumia tavuaikana. Nikkelipitoisuus on yli sallitun pitoisuusrajan M1- mittapadolla ainoastaan yhdessä näytteessä (29.12.2011). Ylitys johtuu todennäköisimmin Mertakosken altaalle tehdyistä hapetuspumpun asennustöistä, jossa altaan pohjan sedimenteissä oleva nikkeli on lähtenyt liikkeelle. Näytteiden pH arvot ovat vaihdelleet M1 mittapadolla välillä 6,6–7,4; M2 mittapadolla välillä 6,3–7,1 ja TP-kaivossa välillä 6,0–6,8. (Kotalahden vanha kaivos. Jälkihoitotoimet 2011 ja koetoiminnan tuloksiavuodelta 2010–2012. Samuli Nikula/Outokumpu Mining Oy ja Auri Koivuhuhta/Ramboll Finland Oy, 26.3.2012)



Kuva 19 Koetoiminnan aikainen veden kiintoainepitoisuuksien vaihtelu tarkkailupisteissä M1, M2 ja TP. Kuvassa lupamääräysten mukainen raja- arvo (musta viiva) 10 mg/l  
(Kuva. Outokumpu Oyj vuosiraportti, Samuli Nikula 2012)



Kuva 20 Koetoiminnan aikainen rautapitoisuuden vaihtelu tarkkailupisteissä M1, M2, ja TP. Raudan lupamääräysten mukainen pitoisuus (musta viiva) 2mg/l



Kuva 21 Koetoiminnan aikainen nikkelpitoisuuden vaihtelu tarkkailupisteissä M1, M2, TP. Nikkelin pitoisuuden lupamääräysten mukainen arvo(musta viiva) 1mg/l  
(Kuva. Outokumpu Oyj vuosiraportti, Samuli Nikula 2012)

Tällä hetkellä uuden kaivoksen perustaminen vaatii perusteellisen selvityksen ympäristövaikutuksista ja on tarkoin säädelty ympäristöluvilla. Kaivoksen perustamisvaiheessa voidaan rakenteet ja toiminta suunnitella siten, että kaivoksen ympäristöhaitat voidaan ehkäistä. Kotalahden kaivos on perustettu 1950 luvulla ja silloinen tietämys kaivostoiminnan ympäristövaikutuksista ja niiden huomioonottamisesta ei ole ollut ensimmäinen prioriteetti. Kaivostoiminnan tuoma taloudellinen hyöty, joka konkretisoitui kyläyhteisön elintason nousuna, on ollut tervetullutta.

Kaivostoiminnasta aiheutuu kuitenkin ympäristövaikutuksia vielä kaivoksen sulkeuduttua. Kaivosalueelle perustetut sivukivien- ja rikastehiekkaaltaiden läjitysalueet on perustettu olemassaolevaan maastoon ilman suojaavia pohjarakenteita. Kotalahden kaivoksella sivukiveä ja rikastehiekkaa on läjitetty entiseen vehkalampeen, josta ylivuotovedet ovat virranneet Oravilahteen. Nykyisin Vehkalamen paikalla on kosteikkoaltaita. Kaivosalueen valumavesien käsittelyssä ja hallinnassa ongelmallista on vesien suotautuminen patojen läpi ja altainen pohjan kautta.

Kotalahden kaivosalueella käytetään ns. passivisia vesienkäsittelymentelmiä. Niillä pyritään vaikuttamaan veden happamuuteen ja happipitoisuuteen siten, että veteen liuenneiden metallien kiintoaineksen pitoisuutta saataisiin alennettua. Kaivosalueella käytettyinä passivisina menetelminä ovat vesien kosteikkokäsittely, hapetus, sulfidinpelkistys, rikastehiekka-alueen hapettumisen ja eroosion estäminen ja valumavesien puhdistamokäsittely. Passiivisille vesienkäsittelymenetelmille on olemassa hyväksi nähtyjä toimenpidemalleja, mutta koska kohteiden olosuhteet eivät ole samanlaiset, on käytettävän menetelmän soveltuvuus testattava käytännössä.

C-kosteikkoaltaan vedenpintaa nostettiin v.2009 pumpppauskokeilua varten tasosta +87,50 tasoon + 88,50. E- altaan vedenpinta on noin tasolla +87,50, korkeuseroa on siis 1 metri. E-altaaseen tulevat putkiyhteydet on suljettu, mutta altaasta virtaa kuitenkin vettä purkuojan kosteikon kautta puhdistamolalle. Tästä voidaan päätellä, että E-altaan vedet tulevat suotautumalla joko C-altaasta välipadon läpi, tai pohjan kautta.

Tukimuskohteenä ehdottaisin C-altaan vesipinnanlaskua tasolle +88,00. Tämä ei vielä heikentäisi kosteikon toimintaa, mutta paine-eron pieneneminen voisi vähentää veden suotautumista E-altaaseen. C-altaan vedet voisi edelleen johtaa Mertakosken ylivuotoaltaaseen, koska Mertakosken vedenpinta vaihtelee tasolla +87,50–+87.65

Kaivosalueen valumavesien allaspuhdistamolle menevien vesien metalli- ja kiintoainepitoisuudet ovat olleet yli ympäristöluvassa määrätyn pitoisuusrajan. Puhdistamolle lähtevien vesien virtaamaa on voitu vähentää neljäsosaan vuoden 2010 koetoiminnan ansiosta. Kokonaisvirtaaman ollessa olennaisesti pienempi, kuin ennen koejärjestelyjä, on Oravilahteen johdettavien valumavesien kokonaiskuormitus oleellisesti vähentynyt.

Puhdistamon toimintaa voisi vielä tehostaa poistamalla hidassuodatusaltaan käytöstä ja täytämällä altaan kalsiittimurskeella. Kaksiosaisen altaan molempiin osiin voisi rakentaa samantyyppiset jakoputkistot, joita on asennettu vuoden 2010 saneerauksen yhteydessä. Tällätavoin voitaisiin tehostaa veden hapetusta ja pH tason nostoa, joka edistää raudan ja nikkelin saostumista puhdistamoon.

Puhdistamon kuivasuodattimessa on noin 25 cm kerros kalsiittimursketta. Kuivasuodattimen murskepatja kerää tehokkaasti rautasakaa, mutta se tukkeentuu nopeasti ja vesi alkaa tulla reunojen yli. Kuivasuodattimen reunolle voisi tehdä korotukset esim valubetoniharkoilla, esimerkiksi 3 harkkokerrosta, joka tarkoittaa 0,6 metrin korotusta. Tällöin saataisiin kuivasuodattimeen paksumpi kalsiittimurskepatja ja puhdistamon huoltoväli pitenisi.

Rikastehiekka-alue on peitetty kasvukerroksella niiltä osin, kun se on järkevää tehdä. Niillä alueilla, joissa alueelle on muodostunut puustoa, muodostuu myös puiden lehtiä ja kariketta joka maatuessaan muodostaa humuskerroksen ja saa aikaan aluskasvillisuuden rehevöitymisen. Savon–Sellun puhdistamoliete on toiminut erinomaisena kasvualustana heinälle ja muille luonnon kasveille. Peittokerroksessa kasvaa luontaisesti siementyneitä puiden taimia.

Puhdistamolietteen kerrospaksuuden seurannan tuloksena voidaan todeta, että kosteana levitetty kerros painuu n. 35% ja tämä on huomiotava materiaalimääriä laskettaessa ja peittokerrosta levitettäessä.

Rikastehiekka-alueelle aikaisemmin muodostunut puusto on kasvultaan siinä vaiheessa, että niiden oksisto karsiintuu. Olisikin harkittava puuston harvennusta, ettei elävä latvusto pienene. Puiden oksiston rehevänä pysyminen, auttaa veden haihtumisessa ja harvemmassa metsässä puiden juurille muodostuu myös aluskasvillisuutta, joka sitoo sadevesiä. Rikastehiekka-alueen peiton vaikutus vesien pitoisuuksiin voidaan havaita pidemmän ajan kuluessa. Joka tapauksessa peittokerros estää alueen pölyhaitat.

Bakteeriympin lisäystä Vehkan kuiluun on suunniteltu, mutta kaivoksen ylivuotovesin metallipitoisuudet eivät ole kohonneet joten bakteeriympin lisäystä ei tässä vaiheessa tehdä.

K- altaan ja Oravijoen välille kaivettu oja ehkäisee tulvaveden nousua odotetulla tavalla. Kaivetun ojan luiskat ovat pysyneet hyvin muodossaan ja vesi ei ole aiheuttanut luiskien sortumista eikä eroosiota.

Yhteenvedona voidaan todeta, että 2009–2012 Kotalahden kaivosalueella tehdyt jälkihoitotoimenpiteet ovat olleet tuloksellisia ja Oravilahteen kohdistuva kokonaiskuormitus on pienentynyt oleellisesti. Koetoiminnasta saatujen tulosten perusteella valitut toimenpiteet ovat osoittautuneet toimiviksi ja antavat suuntaa tuleville suunnitelmille joilla tehostetaan valumavesien käsittelyä Kotalahden suljetulla kaivosalueella.

## LÄHTEET

Aarrekaupunki, Outokumpu

[viitattu 15.2.2013.]

Saatavissa [www.aarrekaupunki.fi/kaivosmuseo](http://www.aarrekaupunki.fi/kaivosmuseo)

Arto Savolainen Leppävirran kunnan rakennusinventointi 2005- 2006

*[www.pohjois-savo.fi/fi/psl/maakuntakaavoitus/.../Oravikoski\\_2006.pdf](http://www.pohjois-savo.fi/fi/psl/maakuntakaavoitus/.../Oravikoski_2006.pdf)*

Itä-Suomen aluehallintoviraston lupapäätös

ISAVI päätös Dnro: ISAVI/283/04.08/2010[viitattu 15.4.2013.]

Saatavissa [www.avi.fi](http://www.avi.fi) › ... › *Ympäristö- ja vesitalousluvut* › *Ympäristöluvut*

Itä- Suomen yliopisto. Kaivostoiminnan kehitys suomessa. [viitattu 20.2.2013].

Saatavissa <http://www.uef.fi/kaivostutkimus/kaivostoiminnan-kehitys-suomessa>

Kaivostoiminnan ympäristötekniikka-projekti 2005. Kaivoksen Sulkemisen käsikirja.

Saatavissa: [http://www.arkisto.gtk.fi/ej/kaivoksen\\_sulkeminen.pdf](http://www.arkisto.gtk.fi/ej/kaivoksen_sulkeminen.pdf)

Kotalahden vanha kaivos. Jälkihoitotoimet 2011 ja koetoiminnan tuloksiavuodelta 2010–2012. Samuli Nikula/Outokumpu Mining Oy ja Auri Koivuhuhta/Ramboll Finland Oy, 26.3.2012)

Kuisma Markku 1985. Outokumpu 1910-1985. Kuparikaivoksesta suuryhtiöksi. Outokumpu Oy.

Outokumpu Oy:n vuosiraportti Samuli Nikula 2012. [viitattu 10.5.2013.]

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, Koirusveden yleistarkkailuohjelman vuosiyhteenveto 2012, . [viitattu 10.5.2013. ei julkistettu]

Suomen ympäristökeskus. Suomen Ympäristö 29/2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. [Viitattu 20.4.2013]. Saatavissa: [www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

Työ ja elinkeinoministeriön julkaisuja 69/2010. [verkkojulkaisu]. Mineraalitalous kasvavana mahdollisuutena. [viitattu 10.5.2013.] Saatavissa <http://www.tem.fi/?s=4584>

Vestola/Mroueh 2008. Sulfaatinpelkistyksen hyödyttäminen happamien kaivosvesien käsittelyssä.





# TREATMENT OF RUN-OFF WATER IN A CLOSED MINING AREA

Monitoring and cleaning methods

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Education sector<br>Engineering and transport                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |
| Education programme<br>Training programme in construction management                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |
| Author(s)<br>Timo Järvinen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  |
| Name of the work<br>Treatment of run-off water in a closed mining area                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                  |
| Date<br>27.5.2013                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Number of pages/Appendices<br>49 |
| Instructor(s)<br>Senior Lecturer Merja Tolvanen<br>Savonia AMK Lecturer Raimo Lehtiniemi<br>Savonia AMK Project Engineer Samuli Nikula<br>Outokumpu Mining Senior Specialist Niko Karjalainen<br>Ramboll Finland OY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                  |
| Sponsor/Collaborator(s)<br>Outokumpu Mining Oy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                  |
| Summary<br><br><p>This thesis examined the after-care measures of the Kotalade mine in Oravikoski, Leppävirta, which was closed in 1987, the runoff water from the area, its characteristics and environmental impacts. Outokumpu Mining Oy is responsible for the aftercare of the Kotalahde mine in accordance with the environmental permit for rehabilitation and prevention measures (Itä-Suomen Aluehallintovirasto 78/2011/1, 30.8.2011). An application for a review of the environmental permit must be submitted to the environmental authority by 31.12.2013. This thesis covers partly the same topics as the future permit amendment application, but the permit amendment application will be completely separate and more detailed and will be submitted by Outokumpu Mining Ltd.</p> <p>This study examined the conditions and obligations of the Kotalahti mine permit, as well as the after-management measures taken in the area and the results achieved. The thesis is based on a literature review and practical work experience in earthworks projects at the site. The thesis describes the measures taken and their documentation, including photographs.</p> <p>The thesis brings together the post-construction measures taken and at the same time presents observations and interpretations made during previously undocumented earthworks projects. The result is material that can be used as part of the monitoring of the aftercare measures and the review of the conditions of the environmental permit.</p> |                                  |
| Keywords<br>run-off water, ore mining, environmental permit, wetland basins,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|----|
| Field of Study<br>Technology, Communication and Transport                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                  |    |
| Degree programmes<br>Degree Programme in Construction Management                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |                  |    |
| Author(s)<br>Timo Järvinen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |                  |    |
| Title of Thesis<br>Runoff Water Treatment in Closed Oremine Area                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |                  |    |
| Date                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 27 May, 2013 | Pages/Appendices | 49 |
| Supervisor(s)<br>Mrs Merja Tolvanen Principal Lecturer<br>Mr Raimo Lehtiniemi Lecturer<br>Mr Samuli Nikula Project Engineer<br>Mr Niko Karjalainen Senior Consultant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                  |    |
| Client Organisation /Partners<br>Outokumpu Mining OY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                  |    |
| <p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to study the characteristics and environmental impacts of runoff water at the closed Kotalahti ore mine located in the village of Oravikoski in Leppävirta. Another goal was to study the measures taken to purify the waters by preventing emissions as well as to study the results obtained from them.</p> <p>The environmental requirements were studied first. Then the measures and results were analysed. The measures taken included the final covering of the tailings basin as well as conducting the runoff water and leachate for after treatment into a wetland and a pool cleaner.</p> <p>The author's hands-on experience of the field together with some of the monitored data, collected while working on the site during 2008- 2012, were used as a basis for analysing the results.</p> <p>As a result this thesis brought together the final results received from the after treatment measures. The results can be used as part of an after treatment follow-up and environmental permit.</p> |              |                  |    |
| <p>Keywords</p> <p>runoff water, ore mining, environmental permit, wetland basins, tailings</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |                  |    |

## FOREWORD

This thesis is related to my studies at Savonia University of Applied Sciences in the degree programme of Infrastructure Construction and Excavation Management. I started my studies in January 2009 and my original goal was to graduate in spring 2012. Things don't always go according to plan and now in spring 2013 I am finally on the home stretch of my studies. Studying while working is very challenging in terms of time management and requires support, understanding and flexibility from everyone involved in the work community. The time spent studying is always time off, but later on it also helps to appreciate time management and prioritising. A good atmosphere among students and a humorous attitude are essential to maintain motivation. Our study group was made up of people who were already in the workplace, some of them with a long experience, and who were able to give feedback and bring their own experiences to the study. While working at Maansiirto E. Huttuse in the Kotalahti mining area for several years, I found a topic for my thesis that was familiar to me, but also topical.

Timo Järvinen

## CONTENTS

|       |                                                                                               |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUCTION .....                                                                            | 7  |
| 1.1   | Background and objectives.....                                                                | 7  |
| 1.2   | The context of the thesis in working life.....                                                | 8  |
| 2     | MINING IN FINLAND .....                                                                       | 9  |
| 2.1   | History of mining .....                                                                       | 9  |
| 2.2   | Future prospects for mining.....                                                              | 9  |
| 2.3   | Mining and the environment.....                                                               | 10 |
| 2.4   | History of the Kotalahti mine.....                                                            | 10 |
| 2.5   | Current situation of the Kotalahti mining area.....                                           | 11 |
| 3     | RUN-OFF FROM THE KOTALAHTI MINING AREA.....                                                   | 13 |
| 3.1   | Surface runoff.....                                                                           | 13 |
| 3.2   | Water infiltration .....                                                                      | 13 |
| 3.3   | Interpretation of surface runoff and infiltration directions.....                             | 14 |
| 3.4   | Mine overflows .....                                                                          | 14 |
| 3.5   | External surface water.....                                                                   | 15 |
| 4     | ENVIRONMENTAL POLLUTION OF THE KOTALAHTI MINING AREA AFTER THE END OF MINING OPERATIONS ..... | 16 |
| 4.1   | Environmental permits granted to Kotalahti mine .....                                         | 16 |
| 4.2   | Environmental permit monitoring and reporting.....                                            | 18 |
| 4.2.1 | Mine water monitoring.....                                                                    | 18 |
| 4.2.2 | Waters discharged into the Gulf of Oravila.....                                               | 18 |
| 4.2.3 | Impact assessment .....                                                                       | 20 |
| 4.2.4 | Reporting.....                                                                                | 21 |
| 4.2.5 | Other observation and monitoring.....                                                         | 22 |
| 4.3   | Results from 2005 to 2012 according to the monitoring programme.....                          | 22 |
| 4.4   | Obligation monitoring of the Kotalahti mine .....                                             | 23 |
| 5     | MEASURES TAKEN TO PREVENT EMISSIONS.....                                                      | 25 |
| 5.1   | Wetland treatment of water.....                                                               | 25 |
| 5.2   | Wastewater treatment plant and maintenance.....                                               | 26 |
| 5.3   | Coverage of the sands area .....                                                              | 29 |
| 5.4   | Preventing damage to the silica sand site .....                                               | 30 |

|       |                                                                 |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 5.5   | Utilisation of sulphate reduction in mine water treatment ..... | 35 |
| 5.5.1 | Quarrying .....                                                 | 35 |
| 5.5.2 | Putting quarry treatment into practice .....                    | 36 |
| 5.6   | Test pumping from a mine shaft.....                             | 38 |
| 5.7   | Measurements and monitoring of experimental activities .....    | 39 |
| 5.7.1 | Measuring flow with a V-measuring dam .....                     | 40 |
| 5.8   | Water quality during experimental activities 2010 2012 .....    | 42 |
| 6     | CONCLUSIONS .....                                               | 45 |
|       | SOURCES.....                                                    | 48 |

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 Background and objectives

This thesis examines the after-care measures of the Kotalade mine site in Oravikoski, Leppävirra, which was closed in 1987, the waste water accumulating in the area, its characteristics and environmental impacts. Outokumpu Mining Oy is responsible for the aftercare of the Kotalahti mine in accordance with the environmental permit for remediation and prevention measures (Itä-Suomen Aluehallintovirasto 78/2011/1, 30.8.2011). In accordance with the environmental permit, an application for a review of the regulations must be submitted by 31 December 2013. This thesis deals with some of the same issues as the future permit amendment application, but the permit amendment application will be a completely separate, more detailed report prepared by Outokumpu Mining Ltd.

This paper examines the history of mining in Kotalahti, the conditions and obligations of the environmental permit for the after-mine management of the mine, as well as the after-mine management activities carried out in the area and the results achieved. The thesis is based on a literature review and practical work experience in earthworks at the site. The thesis describes the measures taken and their documentation, including photographs. The thesis summarises the aftercare measures taken and at the same time presents observations and interpretations made during the earthworks projects that were not documented at the time. It concludes that the results of the measures taken are encouraging and that pollutant concentrations in runoff water have decreased, although the results of the measures taken are reflected in the runoff water with a delay.

The aim of the thesis is to gather data on the measures taken and to present observations and results of previously undocumented earthworks projects. The emission prevention measures taken and the results achieved will be verified on the basis of monitoring data. The practical experience and part of the monitoring data have been collected personally, while working on the site.

The suitability of the pulp mill's sewage sludge for covering the area was investigated in connection with the covering of the granulated sand area. A personal study was carried out to monitor the thickness of the covering material after the covering work. Due to the variations in the moisture content of the material, it was necessary to investigate the correct layer thickness during the application work in order to achieve a sufficient growth layer.

## 1.2 The context of the thesis in working life

I have been working for Maansiirto E. Huttunen Oy since 2004. I have worked on several mining projects. At Kotalahti mine, I have been in charge of the supervision of the after-mine work, between 2007 and 2012. This has included the maintenance and installation of the treatment plant, covering of the tailings sand area, monitoring of test operations, construction and design of water pipelines.

This work introduces the methods commonly used to understand natural waters and how the properties of water can be influenced to separate harmful substances from water. The aim is to use so-called passive methods for treating vacuum water, so that the system can operate maintenance-free and without control. This work will also address the specific characteristics that make water management problematic in the mining area concerned.

## 2 MINING IN FINLAND

### 2.1 History of mining

Since 1530, there have been several hundred mines in Finland. At the turn of the 20th century, it was assumed that the country's ore reserves had already been exhausted, until a yellowish stone was discovered in 1908 while dredging the Kivisalmi shipping channel in the Rääkkylä parish. The stone was sent to the Geological Survey of Helsinki for examination, which estimated that the sample contained a large amount of copper. The Geological Bureau put Otto Trüstedt, a mountain engineer, in charge of the investigation. The ore was first searched for around Rääkkylä, until a copper deposit was discovered in Outokumpu in 1910 through trial excavations and drilling.

Mining in Outokumpu started with test mining in 1910, but the exceptionally rich ore triggered mining and an ore processing plant was built on the slope of the strange hill and started operations in 1913. In the early days, mining was arduous and unprofitable. In 1917 the mine was taken over by the Norwegians. They too failed to create a profitable mine and a profitable copper plant. In 1921, the Outokumpu mine was returned to the Finns and Eero Mäkinen was appointed as mine manager. The headquarters of the mining company was moved to Outokumpu, where it operated until the late 1940s. In 1932, the Outokumpu mine was transformed into a joint-stock company, Outokumpu Oy. Finnish industry developed rapidly in the 1930s. In Outokumpu Oy's history, the period from 1930 to 1950 was a period of strong growth and the company opened new production plants all over Finland.

### 2.2 Future prospects for mining

The consumption of metals and minerals is constantly increasing and so is the extraction of more and more of them. In Finland, the extraction of metal ores has increased tenfold in just over ten years. Twelve of the 50 or so mines and quarries in Finland now mine metal ores such as nickel, copper, zinc and gold. In recent years, significant investments have been made in mines and environmental issues have also attracted attention. Prime Minister Jyrki Katainen's government programme (2011-2015) stipulates that the state will promote the development and sustainable growth of mining and the entire mineral cluster. It was decided to make mining know-how one of the priorities of Finland's EU policy. Finland will develop sustainable, economic and innovative exploitation of natural resources (Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment 69/2010, 29).

### 2.3 Mining and the environment

The topicality of environmental issues in mining is well illustrated by their visibility in the media and in research work over the last few years. In 2005, as part of the Environmental Engineering for Mining project, a Mine Closure Manual was produced to support the after-closure of mines, with the aim of providing guidance and assistance in the planning and implementation of mine closure. In 2011, the Finnish Environment Institute has published a guide on Best Environmental Practices in Metal Ore Mining. Among other things, the above-mentioned guides have dealt with the aftercare of mines, and the guides have also been used as source material for this thesis.

The closure of mines is not governed by any specific law or regulation, but by a number of different laws and regulations, and by the permits issued on the basis of these laws and regulations. For some measures, legislation defines the framework or objectives of closure and decisions are taken in accordance with 'good practice' or 'custom', following the experience of previous mine closures. In order to achieve a uniform practice, the Mine Closure Manual sets out the general main principles and conditions for closure, and is the basis for a proposal for closure measures, taking into account national and EU requirements, among others (Mine Closure Manual, 2005).

### 2.4 History of the Kotalahti mine

The mining activity started with the discovery of ore by Arvo Paakkulainen in 1954, which led Outokumpu Oy to start exploration in the area. The Vehka exploration shaft was opened in 1956 but actual mining started in 1957. It is worth mentioning that some of the ore was located partly under Vehkalampi pond and partly under the highway. The mine shafts extended to a depth of 814 m underground and there was a passable road underground

n. 50 km. The enriched ore has been transported by lorries from Oravikoske to Lehtoniemi station in Varkaus, where it has been loaded onto a train bound for Harjavalta. The rich equipment and methods have been state-of-the-art technology of their time and the result of Outokumpu Oy's own product development (Leppävirta Kunta. Savolainen Arto. 2006. Spatial inventory of the Oravikoski settlement.)

The Kotalahti mine has needed water to operate and has obtained it from the waterway that cuts through the Oravi rapids. The tailings water has been discharged into Vehkalampen which has been closed as a tailings pond. At its longest point, the sewage pipeline has been about 4 km long. At the end of mining operations, all mine shafts were filled and backfilled with water to prevent the risk of collapse. The mine was closed in 1987. Outokumpu Oy's Kotalahti mine employed at most about 300 people. Savolainen Arto. 2006. Inventory of the Oravikoski settlement.)

## 2.5 Current situation of the Kotalahti mining area

Since the end of mining operations, businesses have moved to the properties in the area, including the Oravikoski engineering works which operates in the former concentrator building. A sawmill has been operating in the Vehka mining tower buildings since the 1990s. Outokumpu Oy has sold land to the municipality of Leppävirra, which has planned residential plots on the shore of Oravi Bay. A new housing estate has therefore been created on the zoned area, which is located right next to the mine's tailings area. There are about 350 inhabitants in the Oravikoski settlement (Savolainen Arto. Building inventory of the municipality of Leppävirra 2005 - 2006.)

The former Kotalahti mining area (Figure 1) has existing roads that are in good condition, making it a popular outdoor recreation area. In previous years, the area was used as a greyhound track, where dog races were held. The municipality of Leppävirra has spread topsoil and rubble removed from the surrounding area during construction work. There are three fenced-off areas in the mining area where there is a risk of collapse.

The recreational use of Oravilahti is hampered by iron and nickel emissions from the mining area. Outokumpu Mining Oy has taken various measures to reduce the metal concentrations in the water body. A wetland has been built on the site of the former Vehkalampi pond to collect run-off water from the tailings area. The wetland in the Vehkalampi pond is called C-pool (Figure 1 No 3). The other wetland basins are identified by the names Mertakoski, Intermediate Basin, E Basin, Purkuoja and K Basin.

A sewage treatment plant was built in 2001 at the mouth of the outfall into the Gulf of Squirrel (Figure 1 No 12). The treatment plant consists of a dry filter, a sedimentation basin and a slow filter. The treatment plant is sized for overflow water from the mine and water from the mining area. A bypass pipe has been built for off-site water from the Vehka open-cast mine, past the Mertakosken and intermediate reservoir to the K-pool (Figure 1 No 9). The K-pool also collects run-off from the former concentrator yard and part of the Oravikoski valley. The water is then piped to the River Oravijoki and on to the Gulf of Oravila. The outlet of the K-pool is of small size, especially in spring when the snow melts and the water level in the K-pool rises, causing water to rise into the basements of the nearby buildings. In 2011, an open channel was dug as an extension of the K-pool directly into the Oravijoki river to eliminate the flooding problem.

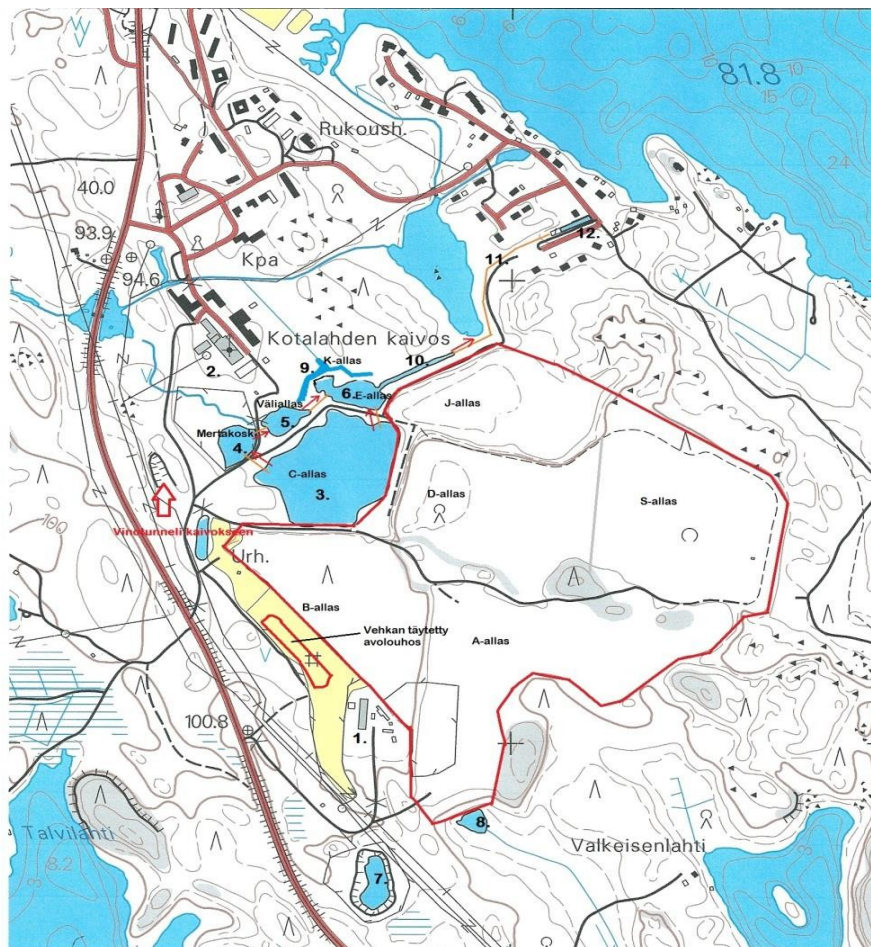


Figure 1. Kotalahti mining area and site numbering

Photo. National Land Survey. Open data

- |                                                     |                                        |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. Vehka's shaft and lift tower7                    | . The opencast mine at Lake Huhtijärvi |
| 2. Mertakoski lift tower and concentrator buildings | 8. Valkeinen wetland                   |
| 3. Former Vehkalampi late. Pool C9                  | . Pool K                               |
| 4. Mertakoski wetland10                             | . Discharge stream                     |
| 5. Basin 11                                         | . Outfall to the treatment plant       |
| 6. E-basin                                          | 12 Wastewater treatment plant          |

### 3 RUNOFF FROM THE KOTALAHTI MINING AREA

The Kotalahti mining area covers an area of more than 100 ha, from which rain and meltwater accumulate as surface runoff or seepage into wetlands and mine shafts. During the mine's operation, the quick-sand has been deposited as sludge in the quick-sand ponds. The ponds are marked with the letters A, B, D, S and J. In the middle of the sand pit is a rocky ridge which divides the water run-off area into different directions. In 1987, the sands were drained by digging ditches at the bottom of the basins. Part of the water is drained by surface run-off, following the contours of the surface of the rich sand. Drum pipes have been installed in the basins through the dam banks to divert surface runoff into Basin C (Figure 1. Site 3). From the A basin, water flows by surface runoff into the Valkeinen wetland (Figure 1, site 8).

#### 3.1 Surface runoff

Rain and meltwater accumulate in the tailings area during heavy rainfall and in spring when snow melts. The granularity of the silica sand is quite high and therefore surface run-off only occurs during very long and heavy rainfall events. In spring, rapid snowmelt naturally causes runoff. Strong surface run-off causes the sulphur sands to be transported into the wetland basins and the oxygen in the water reacts with the minerals in the sulphur sands. Prior to 2009, areas of tailings sand were partially covered with cover material, which reduces erosion and oxidation of the tailings sand. The entire tailings sand area was covered with a capping layer as required by the environmental permit, which was completed in 2011.

#### 3.2 Water infiltration

Much of the rainwater and meltwater seeps into the silica sand layer. The leachate slowly moves from the bottom layers of the silica sand reservoir to lower ground and wetland basins. The cover of the silica sand ponds helps the formation of vegetation in the area. The vegetation evaporates the water in the vegetation layer and thus reduces the infiltration of water into the silica sand layer.

### 3.3 Interpretation of surface runoff and infiltration directions

In Figure 2, the red arrows indicate the direction of surface runoff and the points where there is a pin-shaped runoff path. The green triangles show the assumed water drainage direction in the tailings sands. The assessment has been made on the basis of field observations of the edges of the rich sand area where natural rock or original ground elevation is visible. Outokumpu Mining Oy has been required by the environmental permit to submit, among other things, a report on the hydrology of the mining area by 31.12.2013 for a review of the permit. Outokumpu will commission studies during the summer of 2013 and the issue will be addressed in the environmental permit review application.

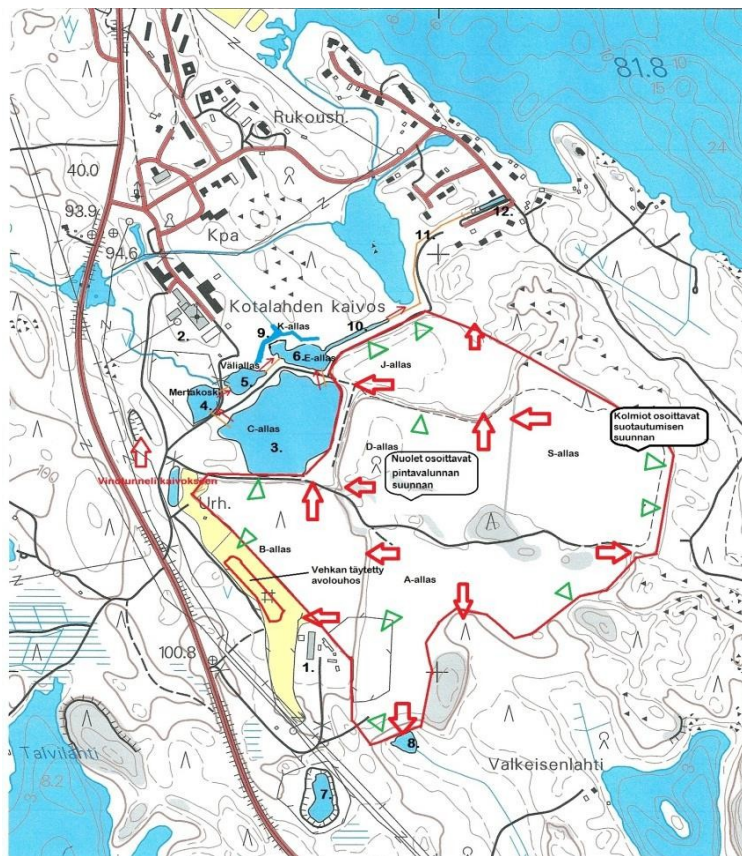


Figure 2. Kotalahti mining area. The slag area is marked with a red line.

Photo. National Land Survey. Open data.

### 3.4 Mine overflows

After the mine has been closed, the mine has been allowed to fill with water to prevent the risk of collapse. A special feature of the Kotalahti mine is the overflow water discharged from the mine. It is not known exactly where the water comes from, but it is presumably from the bottom of the Mertakoski wetland. Beneath the wetland is the Mertakoski ore deposit and a wind tunnel to the mine shafts.

It is likely that the rock between the wetland and the ore is cracked and water is flowing up from a large area into the wetland. Part of the water that flows up is groundwater, but water from the rock fractures also seeps into the mine shafts from the upper watercourses west of the Kuopio-Varkaus road (road number 5). It can also be assumed that the water seeping from the sulphur sand area will contribute to the drainage into the open-cast mine and thus contribute to the rise in the water level in the mine. Based on experimental measurements of water levels carried out in 2009-2010, the difference between the water levels in the mine shaft and the mertakoski ore is very regularly 0.2 m, even if the water levels in the basins vary.

### 3.5 External surface water

After the mine was closed down, the waters of the tailings area were also mixed with clean water from outside. This increased the total amount of water flowing through the mining area and possibly also the amount of harmful substances flowing into the Gulf of Oravila. In 2005-2006, a separate pipeline was built for the external waters, bypassing the wetland ponds and discharging the water into the River Oravijoki. In 2011, a ditch was built to divert the water from the K reservoir to the River Oravi in order to improve the flooding situation of the waters around the machine shop area. Previously, the water was discharged through a pipeline.

## 4 KOTALAHDEN MINING AREA ENVIRONMENTAL POLLUTION AFTER THE END OF MINING

Emissions to air and water from structures remaining on the mine site after the end of operations, such as waste areas and quarries, will be reduced by after-care measures, such as covering waste areas and treating water. The primary objective of after-closure measures should be to prevent the formation of emissions, and the secondary objective should be to reduce the pollution caused by the emissions. The most effective way to reduce post-operational emissions is to take closure measures into account already at the planning and construction stage of the mine, for example in the planning of waste areas and extraction (Environment Finland. Best environmental practices in metal ore mining SUOMEN YMPÄ- RISTÖ 29/2011)

In mines established in the 1950s, there has been a lack of planning and knowledge of the environmental impact of waste sites. There is a lack of tight subgrade structures in the gravel and blast furnace sands area, making it difficult to control the flow and diversion of run-off water.

### 4.1 Environmental permits granted to Kotalahti mine

According to the Environmental Protection Act, the operator is responsible for taking the necessary measures to prevent environmental pollution, investigating the effects of the activity and monitoring it for the period specified in the permit decision (YSL 90§). The following permits have been granted for the Kotalahti mine:

- The Eastern Finland Water Court, by its decision No 4/Ym III /80 of 24 April 1980, granted Outokumpu Oy a permit to discharge waste water from the Kotalahti mine and concentrator into Oravilahti.
- By decision No 33/Val/87 of 11 June 1987, the Eastern Finland Water Court extended the validity of the above decision until the end of 1991.
- In its decision No 71/92/2 of 27 August 1992, the Eastern Finland Water Court ordered Outokumpu Finnmines Oy to continue monitoring the waste water from the Kotalahti mine.
- By its decision No 61/96/2 of 30 September 1996, the Eastern Finland Water Court temporarily authorised the Kotalahti mine to exceed the discharge limits laid down in decisions No 33/Va I/87 and No 71/92/2 of the Water Court in 1996-1998.
- By its Decision No 78/2011/1 of 30 August 2011, the Regional State Administrative Agency of Eastern Finland has reviewed the Environmental Permit No 131/07/2 of 28 November 2007, which was granted for the rehabilitation and emission prevention measures of the old Kotalahti mine.

- The North Savo Environment Centre has issued a decision on 9 August 2005 (Dnro PSA-2001-Y-927-113) requiring Outokumpu Mining Oy to apply for a permit under the Environmental Protection Act for the discharge of waste water and remediation of the mining area.
- By its decision of 28 November 2007 (131/02/2), the Environmental Licensing Authority of Eastern Finland has granted Oytokumpu Mining Oy an environmental permit for the rehabilitation and emission prevention measures at the old Kotalahti mine, which has ceased operations. In the same decision, the Environmental Protection Agency granted Outokumpu Mining Oy a permit for the construction of a discharge pipe to be placed in the Oravilahti depression.
- By decision of 19 March 2009 (09/0104/1), the Vaasa Administrative Court has amended the decision of the Finnish Environmental Licensing Agency. The Pohjois-Savo Environment Centre has now referred the case to the Supreme Administrative Court, requesting the provision of a guarantee for the implementation of after-care measures at the landfill site. In all other respects, the environmental permit, as amended by the Vaasa Administrative Court, is final.
- By its decision of 11 November 2010 (1295/1/09), the Supreme Administrative Court rejected the appeal filed by the North Savo Environment Agency against the decision of the Vaasa Administrative Court.

Table 1. Limits for water discharged into the Gulf of Oravila according to the permit decisions

| Year           | Authorisation decision<br>No: | iron mg/l                 | nickel mg/l               | solids mg/l             | pH  |
|----------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----|
| 1980           | 4/Ym III/80                   | 3,0                       | 1,0                       | 10,0                    | 6-9 |
| 1987           | 33/Val/87                     | 3,0                       | 1,0                       | 10,0                    | 6-9 |
| 1992           | 71/92/2                       | 3,0                       | 1,0                       | 10,0                    | 6-9 |
| 1996 -<br>1998 | 61/96/2                       | 3,0<br>overrun<br>allowed | 1,0<br>overrun<br>allowed | 10,0<br>overrun allowed | 6-9 |
| 2007           | ISY-2006-Y-19                 | 10,0                      | 1,2                       | 20,0                    | 6-9 |
| 2009           | ISY-2006-Y-19                 | 2,0                       | 1,0                       | 10,0                    | 6-9 |
| 2011           | ISAVI<br>78/2011/1            | 2,0                       | 1,0                       | 10,0                    | 6-9 |

## 4.2 Environmental permit monitoring and reporting

Compliance with the conditions of the environmental permit is monitored by water sampling and the measures taken in the reedbed area are recorded and reported to the Environment Agency. The report shall include the quantity and characteristics of the materials used to cover the area, a description of the dredging carried out, the maintenance of the drainage treatment plant and the location of the removed crushed stone, and the quantity and quality of the bacteria added to the open pit.

### 4.2.1 Mine water monitoring

Mine water refers to the water that rises to the surface from a sealed underground mine, mainly in the wetlands of Mertakoski. Mine waters are monitored by annual sampling. Samples are taken from the Vehka and Olli shafts and from the mine overflow. The shafts are sampled at four different depths (10, 30, 70 and 100 metres)

The samples are analysed to determine:

- Temperature
- pH value
- oxygen (mg/l and %)
- sulphate
- iron
- nickel
- copper
- Coke N
- Kok.P
- Co. coliforms

(Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy E 3021.12 Monitoring programme for the waters and discharge water of the Kotalahti mining area)

### 4.2.2 Waters discharging into the Gulf of Oravila

The water discharged into the Gulf of Squirrel includes all runoff from the cavern area, as well as runoff from outside the mine that passes through the area. Representative samples of the water discharged into the Oravilahti pond are taken four times a year, in March-April, May, August and October. Waters south of the mine site are monitored from the ditch leading from the Rytbyn pond during August sampling.

Flow and temperature are measured during sampling. The samples are analysed for

- Acidity
- electrical conductivity
- solids
- sulphate-

- iron-
- manganese-
- nickel-
- copper content.

The first four samples must also be analysed for cadmium, lead and mercury. Water south of the mine site will be monitored from the ditch leading from the Rytzyn pond during the August sampling.

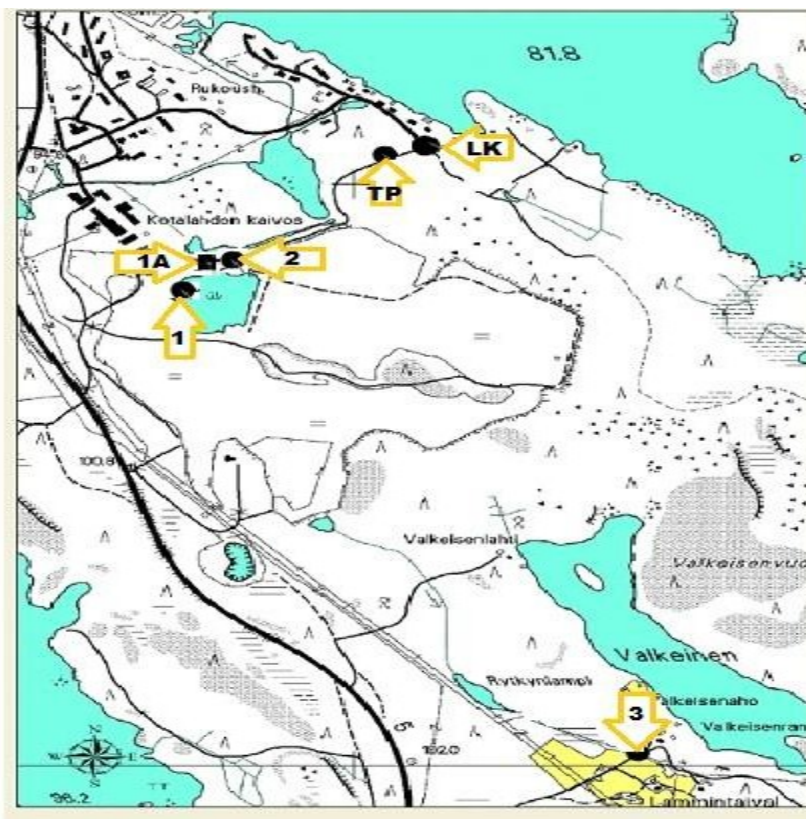


Figure 3. Water sample locations

Photo. Savo-Karjalan vesi ja ympäristötutkimus Oy 2009,4 The water sampling sites are as follows :

- Sewage treatment plant inlet (TP- station)
- Wastewater treatment plant outfall (LK- station)
- Pool C, water entering the wetland (1)
- E pool, drum below the intermediate pool (1A)
- Pool C, water leaving the humidifier (2)
- The ditch from the Rytzynlampi pond,( position 3

#### 4.2.3 Impact assessment

Impact monitoring monitors changes in water body conditions over the longer term. The impact monitoring will be carried out in accordance with the general monitoring programme for Koirusvede, Oravilahti and Arkkuselkä (A2425) approved by the Environment Agency on 22 March 2006.

The Oravilahti joint monitoring system includes the following obligated observers:

- Outokumpu Mining Oy, Kotalahti mine
- Oravikoski agglomeration
- Lake Finland Uittoyhdistys ry
- Vulcan Kotalahti Oy, Särkiniemi closed mine

Water samples are taken from the following monitoring stations:

| Name of observation station                              | Depth (m) | Coordinates |
|----------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| Oravilahti, Kaivantolahti 1<br>353157                    | 13 m      | 694311-     |
| Oravilahti, Kalmonsaari frontage 2<br>353190             | 17 m      | 694287-     |
| Oravilahti 8, front of the demolition<br>ditch<br>353216 | 11 m      | 694230-     |
| Oravilahti III2<br>353254                                | 25 m      | 694241-     |
| Archangel curve III3<br>353478                           | 25 m      | 694147-     |
| Archangel curve III4<br>353552                           | 19 m      | 694102-     |
| Archangel curve III1<br>3534090                          | 12 m      | 6942147-    |

The sampling periods are March-April and August.

Samples from Arkkuselkä III3 and III4 are taken at depths of 1 m, 10 m and bottom-1 m.

At other stations, samples are taken at depths of 1 metre and bottom -1 metre. Samples are analysed according to Table 2. In the first two observation rounds, samples are also analysed for cadmium, lead and mercury (Koirusvede Oravilahti and Arkkuselkä joint monitoring programme, Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. 2009. 4)

Table 2. Sample analyses

| specification        | Dig- to-<br>lahti1 | Kalmon-<br>island<br>ed | Oravi-<br>bay8       | Oravi<br>Bay III2    | Ark-<br>sel-<br>cess-<br>cess-<br>cess-<br>III3 | Ark-<br>sel-<br>cess-<br>cess-<br>cess-<br>III4 | Arche<br>d<br>back<br>III1 |
|----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|
| oxygen               | x                  | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| pH                   | x                  | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| sjk                  | x                  | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| Colour               | x                  | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| COD Mn               | x                  | x                       | x                    | x                    | x 1m                                            | x 1m                                            | x 1m                       |
| conais N             | x                  | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| NH4N                 | x                  | x                       |                      | x                    |                                                 |                                                 |                            |
| Total P              | x                  | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| E.coli(1m)           | x                  | x                       |                      |                      |                                                 |                                                 |                            |
| Entero<br>Cooks (1m) | x                  | x                       |                      |                      |                                                 |                                                 |                            |
| Solid fuel           | x surface<br>-1m   | x Surfa<br>ce<br>-1m    | x surfa<br>ce<br>-1m | x Surfa<br>ce<br>-1m |                                                 |                                                 |                            |
| iron                 |                    | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| nickel               |                    | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| soluble-<br>nickel   |                    | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| copper               |                    | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| manganese            |                    | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| sulphate             |                    | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| coke<br>hardness     |                    | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |
| chl-a<br>(0-2 m)     | x                  | x                       | x                    | x                    | x                                               | x                                               | x                          |

#### 4.2.4 Reporting

Reports on the monitoring data are submitted to the ELY Centre of Pohjos-Savo and the Environmental Protection Authority of Leppävirta by the end of February each year. The report includes a summary of the monitoring data and a description of the sampling, analysis and calculation methods.

#### 4.2.5 Other observation and monitoring

In addition to the monitoring requirements of the environmental permit, additional water monitoring has also been carried out in the Kotolahti mining area during the aftercare measures. Pilot activities to reduce discharges to water were started in 2010 at the Kotolahti mining area. The experimental arrangement for water management in the Kotolahti mining area has been approved by decision POSELY/39/07.00/2010 of the North Savo ELY Centre. The experimental measure has been continued with minor modifications in cooperation with the liaison officer of the North Savo ELY Centre. Concentrations during the experimental activities have been reported annually to the ELY Centre.

The purpose of the pilot operation is to divert mine drainage water (overflow water), which is cleaner than the leachate from the mining area, and water from the external environment past the so-called "underground treatment plant", in accordance with provision 1 of permit decision No 78/2011/1. The cleaner waters are discharged into the River Oravijoki, while the polluted waters from the mining area flow into the pond and through it into the Gulf of Oravila. The pilot operation has reduced the amount of water flowing to the treatment plant, thereby improving the iron retention capacity of the treatment plant to a level more suitable for its capacity. If the concentration limits are consistently below the set limits for three consecutive years, monitoring may be waived and the water discharged to the watercourse must be checked once a year to ensure that the concentration limits are not exceeded. The North Savo ELY Centre may, for justified reasons, modify or terminate the monitoring programme if no emissions are recorded.

#### 4.3 Results from 2005–2012 according to the monitoring programme

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy carried out the joint monitoring of Koirusvede in 2012. In accordance with the monitoring programme, samples were taken in March and in September. Water quality during the year was similar to previous years. The most obvious effects of pollution were seen in some of the deeper basins in the form of oxygen depletion, a significant increase in concentrations of substances and consequently high electrolyte levels. In particular, exceptionally poor water quality was observed in the groundwater at Arkkuselä station III3, with high metal and sulphate concentrations and low pH values. Similarly, high concentrations were found in the groundwater of Oravilahden Station 3 in 2012. The loading effect of mine water was reflected in the increase in metal concentrations in the deep seabeds. Nickel concentrations, mainly in soluble form, exceeded in some places in Oravilahti and Arkkuselä the safe level assessed in the risk assessment for the most sensitive aquatic organisms. Nickel concentrations in surface water have been below the assessed safe level for aquatic organisms and below the EQS (20 µg/l).

The impact of the wastewater from the Oravikoski treatment plant and the dredging

activity is limited to increased oxygen saturation in the bottom waters of Kai- vantolahti Bay and an increase in electrical conductivity. The hygienic quality of the water remained good (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, Annual summary of the Koirusvede general monitoring programme 2012).

#### 4.4 Obligation monitoring of the Kotalahti mine

Samples of the mine's run-off water have been taken in accordance with the monitoring programme. Water quality and flows have been monitored intensively during the experimental works carried out between 2009 and 2012 to improve the efficiency of run-off water purification.

A longer-term analysis reveals a large variation in permit values in individual observation periods (Figure 4). For iron, for example, concentration peaks often occur in winter, when the physico-chemical and biological processes that influence the presence of iron are slow. Although iron concentrations appear to be on a downward trend over the period 2005-2012, the current permit limit value has not been exceeded in more than a few monitoring events. The maximum concentration of nickel in 2012 was also the highest in the 2005-2012 monitoring period (Figure 4), the average concentration for the year was also higher than in the past. For suspended solids, there seems to be a downward trend (Figure 5). Water pH values have been within the permit conditions in all monitoring periods between 2005 and 2012 (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. Kotalahti mining area water monitoring report 2012, Tuomas Puranen)

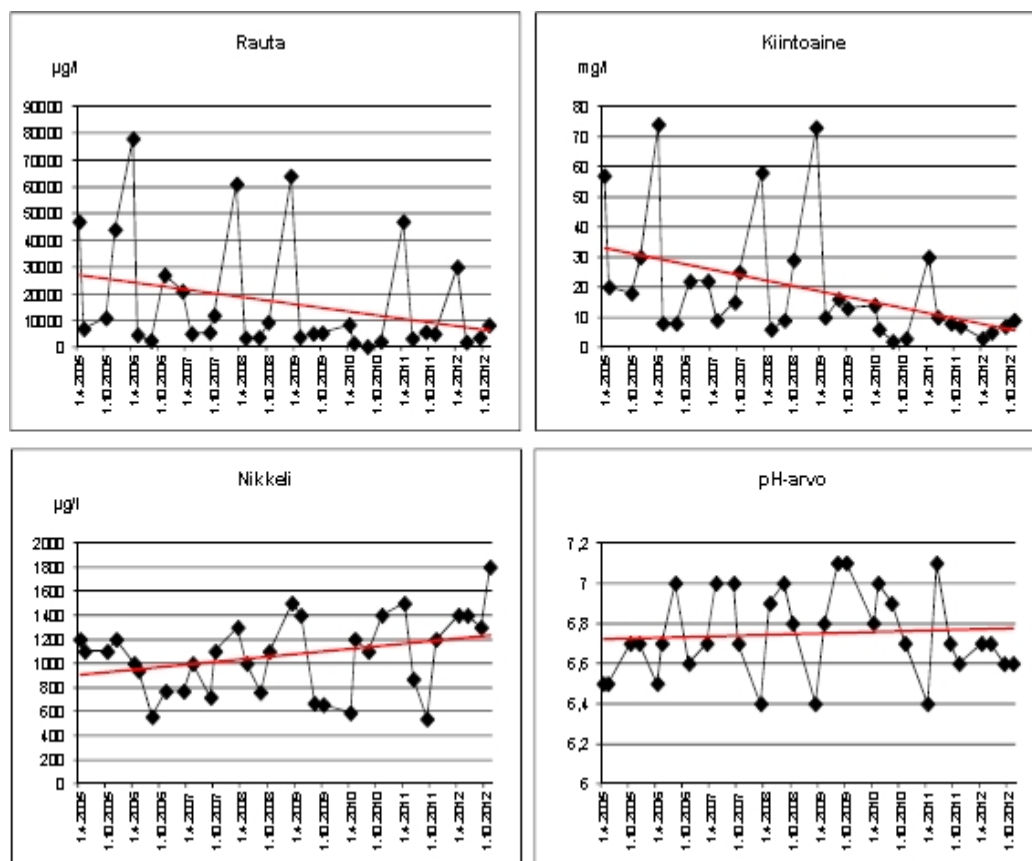


Figure 4 Variation of permit discharge values of the treatment plant's outlet well (LK-station) in 2005-2012 (Savo- Karjalan Ympäristötutkimus Oy. Kotalahti mining area

water monitoring portal 2012, Tuomas Puranen)

The water diversion scheme has had positive results on the load in Kotalahti, but the diversion of clean water from the farm past the monitoring point has caused an increase in coke concentrations at the monitoring point when the clean water does not dilute the concentrations. The results of the study and their interpretation will be discussed in more detail in the environmental permit amendment application to be submitted by Outokumpu Mining Oy during 2013.

## 5 MEASURES TAKEN TO PREVENT EMISSIONS

### 5.1 Wetland treatment of water

Wetland treatment separates solids and nutrients from the water discharged into the wetland. It is also suitable for precipitating metals such as iron and nickel. The wetland works by slowly flowing water, which causes the solids to settle to the bottom of the reservoir. The dense vegetation in the wetland absorbs nutrients from the water. The oxidation of the water increases the precipitation of iron in the basin.

Kotalahti underground mine and open pit parts are filled with water to reduce oxidation and prevent collapse. The total water volume of the mine is about 3 million m<sup>3</sup>. Since the end of the operation, the mine has received water from the surrounding area, probably mainly from lakes located to the west (behind the 5 road).

The mine's waters overflow through the rock outcrops above the Mertakoski ore deposit into the Mertakoski basin, a vegetated wetland basin of about 2 ha.

Most of the leachate from the tailings pond drains into the 5 ha C pond in the north-west corner of the tailings area, which has served as a wetland for surface and leachate from the tailings area since the mine was established. From Basin C, the leachate is diverted by seepage or through pipelines to the Intermediate Basin or the E Basin (the main water route). A small amount of leachate from the northern end of the tailings area (J tailings pond) is discharged via collection drains into G pond at the northern end of the tailings area. The leachate collectors are lined with limestone rubble. A limestone dam in the basin diverts the water to a discharge pipe to the treatment plant. The limestone dams also have a pH-raising effect.

Acidic (pH 2.9 to 5.1) waters seep through the dam of the J tailings pond. The water is collected in the so-called G-pool, located in the north-eastern corner of the J-pool. The collector has a limestone peat filter which improves the quality of the leachate. From the G-pool, the water flows through a limestone barrier to a pipeline to the treatment plant. The volume of water is low, but water samples show that the nickel content of the water going to the treatment plant increases between the E-pool and the inlet to the treatment plant.

In addition to the above routes, a small amount of water seeps into the southern end of the tailings area, mainly in spring during the melting period. The lower edge of the dam has been constructed with a buttress of moraine. The pond below the dam has been converted into a wetland with a surface area of approximately 2 500 m<sup>2</sup>. The water flows through the wetland through the vegetation. Prior to mining, the water in this area drained northwards into the Vehkalampi pond. Today, a dam prevents the water from flowing northwards and the water flows south-east towards the Rytbyn pond.

## 5.2 Wastewater treatment plant and maintenance

A treatment plant for the water discharged into Oravilahti was built in 2001 on the north-eastern side of the mine site (Figure 7). From the E-pool, the water is diverted to the treatment plant located near the shore of Oravilahti via an outfall on its northern side and an underground pipeline from the outfall. After the treatment plant, the water flows through an underground pipe and discharges to the shore of Oravilahti. The design of the treatment plant indicates that the flow rate is considerably lower than it actually is. There have been problems with the operation of the treatment plant, mainly due to the excessive volume of water entering the plant. The amount of water entering the treatment plant varies greatly depending on the seasons and rainfall. Especially in spring, when the snow melts, the treatment plant floods heavily.

In addition to the leachate from the mine workings and the C-pool, the treatment plant also receives leachate from the tailings areas around the mine site. In order to reduce the amount of water entering the treatment plant, a pipeline was built in 2005-2006 to divert external water from the mining area between the wetland ponds to the K pond and from there to the Oravijoki River.

The treatment plant is about 100 metres long and 10 metres wide. The water enters the treatment plant through a distribution pipe (Figure 6). The first part is a 20 m long filter with a calcite gravel layer about 25 cm thick. The water entering the treatment plant was distributed to the sediment layer by a longitudinal pipeline, which was piped to spread the runoff, while the water flowing over the sediment is oxidized. The calcite gravel also has a pH-raising effect. The oxidation of the water causes iron precipitation in the purification chamber. The dry filter in the treatment plant accumulates a lot of iron sediment, so that the stone layer has to be replaced quite often. During the summer, the treatment plant operates most efficiently because the water stays in the plant longer and the flow is quieter. In spring, when the water flow is at its highest, it removes the precipitated iron precipitate from the dry filter.

After the dry cleaner, the treatment plant has a slow filtration basin. The basin is in two parts, the first of which has fins to prevent the free flow of water. The slats have openings at the top and bottom, alternately, to allow the water to flow further. The purpose of the slats is to separate solids from the flowing water. The second part of the slow-flow barrier is a pool of about 200 m<sup>2</sup> where the solids settle to the bottom of the pool due to the slow flow of water. The sedimentation basin was emptied in 2008 when the sediment in the treatment plant was replaced, but there was not much iron sediment in the basin, so it can be assumed that the water flow is too strong for effective solids separation.

Downstream of the cold water filtration basin is a peat filter basin, where the water flows through a layer of sediment. The sediment layer becomes clogged with iron oxide very quickly and the stones have to be replaced almost every year. In 2010, when the sediment in the treatment plant was replaced with calcite chippings, a distribution pipe (Figure 6) was built to distribute the water evenly through the chippings. After the sedimentation basin, another similar distribution pipe was built to make the oxidation of the water more efficient.

Before and after the treatment plant, there are metering wells (designated TP and LK ) with V-metering dams for flow measurements. Water samples are also taken from the wells to monitor the quality of the flowing water and the operation of the treatment plant. The amount of water flowing from the mining area to the pond has been regularly monitored. Monitoring has been intensified during the 2009-2010 trial operations. ( Measurement results table 3)

Table 3 Inflows to the treatment plant 2005-2009 (Groundia Oy 2010, 5)

| Date of         | m <sup>3</sup> /d | sample collections |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| 2005 year also. | 1472              | 3                  |
| 2006 year also. | 914               | 3                  |
| 2007 year also. | 1011              | 3                  |
| 2008 year also. | 994               | -                  |
| 2009 July       | 172               | 8                  |
| 2009 August     | 249               | 10                 |

In 2010, adjustments were also made to the flow of run-off water to reduce the load on the treatment plant and thus increase the treatment efficiency. Since the modifications to the treatment plant in 2010, the variation in the concentrations of solids, iron and nickel leaving the plant has levelled off. Iron concentrations were below the permit limit in May and August sampling. The reduction in the amount of water entering the treatment plant has improved its performance. On the other hand, the pH of the water at the treatment plant cannot rise high enough for nickel precipitation to occur. (Groundia Ltd. 2010. Experimental report.)



Photo 6 Installation of the water distribution pipe to the treatment plant photo Timo Järvinen 2010



Figure 7 Kotalahti mine wastewater treatment plant. Closest to the wet filter, the former sedimentation basin. photo.Timo Järvinen 2010

Table 4. Water sample analyses of the treatment plant (Groundia Oy 2010)

| Puhdistamon tulokaivo TP |     |              |              |                           |                      |
|--------------------------|-----|--------------|--------------|---------------------------|----------------------|
|                          | pH  | Fe<br>(mg/l) | Ni<br>(mg/l) | SO <sub>4</sub><br>(mg/l) | kiintoaine<br>(mg/l) |
| toukokuu '08             | 6.8 | 6.8          | 1.2          | 1700                      | 7                    |
| elokuu '08               | 6.9 | 5.2          | 0.83         | 1300                      | 14                   |
| maaliskuu '09            | 6.5 | 73           | 1.6          |                           |                      |
| toukokuu '09             | 6.6 | 14           | 1.3          |                           |                      |
| elokuu '09               | 6.9 | 8.2          | 0.68         |                           |                      |
| lokakuu '09              | 6.8 | 7.6          | 0.71         |                           |                      |
| huhtikuu '10             | 6.7 | 18           | 0.75         | 800                       | 22                   |
| elokuu '10               | 6.2 | 24           | 1.65         | 2800                      | 14.5                 |

| Puhdistamon lähtökaivo LK |     |              |              |                           |                      |
|---------------------------|-----|--------------|--------------|---------------------------|----------------------|
|                           | pH  | Fe<br>(mg/l) | Ni<br>(mg/l) | SO <sub>4</sub><br>(mg/l) | kiintoaine<br>(mg/l) |
| toukokuu '08              | 6.9 | 3.5          | 1            | 1600                      | 6                    |
| elokuu '08                | 7   | 3.8          | 0.76         | 1300                      | 9                    |
| maaliskuu '09             | 6.4 | 64           | 1.5          | 1800                      | 73                   |
| toukokuu '09              | 6.8 | 3.9          | 1.4          | 1300                      | 10                   |
| elokuu '09                | 7.1 | 5.2          | 0.67         | 1200                      | 16                   |
| lokakuu '09               | 7.1 | 5.4          | 0.66         | 1900                      | 13                   |
| huhtikuu '10              | 6.8 | 8.5          | 0.59         | 780                       | 14                   |
| elokuu '10                |     | 0.35         | 1.05         | 2500                      | 2.5                  |

### 5.3 Coverage of the sands area

Between 1959 and 1987, a total of 12.4 million tonnes of ore was extracted from the Kotalahti mine. The main ore minerals were magnetite, pentlandite, copper-silica and, in the Jussi ore, pyrite. Magnetite contained some nickel. The precious minerals were separated by flotation. The tailings sand has been pumped as slurry to various reserve areas to the south-east of the mine. The water has been discharged via clarification ponds to the sump and from there to the Gulf of Squirrel. The blast furnace sands consist mainly of magnesium-rich silicates, but black shale and carbonates have also been added from the Jussi ore.

The sand contains:

- Iron approx. 6,8 %
- sulphur 0,9 %
- nickel 650 mg/kg
- copper 340 mg/kg

Production ended in 1987. All the waste rock and a coarse part of the blast furnace slag has been used for filling the mine. Only Lake Huhtijärvi has been filled in (Decision No 131/07/2, 2007, of the Environmental Licensing Agency of Eastern Finland).

The enrichment sand area covers approximately 70 ha and is established in the former Vehkalampe and areas to the east and south of it. The area consists of six sub-basins of different ages and heights, delimited by buffer strips. The dykes, made mainly of blast furnace slag, are desirable. The reservoirs are filled to the required height with blast furnace slag, totalling some 9 million tonnes. The surface of the ponds is shaped so that rain and meltwater run off mainly into the C pond. In the summer of 1987, the area was drained by digging open pits to drain surface water.

In 2008, EkokemOy started to transport the sludge from the Savon-Sellun process water to the tailings pond area. A total of 30 000 m<sup>3</sup> of covering material was spread between 2009 and 2011 and the entire tailings area was covered as planned.

#### 5.4 Preventing damage to the silica sand site

Trees have been planted in the rich sand area and birch trees in particular have grown naturally. Not all the trees have grown because the slag has been exposed and there has been no humus-rich growth layer. The steep ramps were not cavitated and were exposed to erosion by runoff.

The sulphide minerals in the ore sand are magnetite, cuprite and pyrite. Of these, pyrite in particular is broken down by oxygen dissolved in water and causes severe runoff. The covering of the enriched sand also reduces the oxidising effect of the water. The trees have been thinned out to allow for the spreading of the sludge, so that equipment can be moved around the working area. The trees have been thinned with a power hoe of a forestry machine and the accumulated wood material has been collected in piles along the driveway. The wood collected was chipped in 2011 to cover the flower strips left in the area. Areas where there was abundant, vigorous tree cover and lush undergrowth have been ignored and the focus has been on areas where the tailings were exposed (Figure 8). When dry, the exposed tailings surface causes dust pollution in the environment and is prone to decay. Erosion and dust nuisance have been reduced as the entire area of the blast furnace sands has been covered.



Figure 8. The tailings dam before the application of the sewage sludge.

Photo by Timo Järvinen 2010



Figure 9. Situation in April 2013.

Photo by Timo Järvinen 2013

In some places, the surface layers of the blast furnace sands have had to be shaped so that the sediments do not remain as crusts and thus leach into the blast furnace sands. Otherwise, the excavation of the soil in the basins has been avoided in order to prevent further oxidation of the minerals in the tailings. In autumn 2011, all the areas requiring capping in the entire tailings sand area have been capped. A grass seed mixture has been sown on the covered areas and has started to grow well (Figure 10).



Figure 10. The area at the southern end of Pool A, landscaped and grassed in 2009, in June 2010. Photo by Timo Järvinen 2010

The design of the ramp at the southern end of the silica sand pond shows that runoff from snowmelt is diverted from the ramp to the wetland at the southern end, and vegetation in the overburden evaporates rainwater during the growing season. The blanket layer in the silica sand area also naturally prevents the silica sand from becoming dusty and decaying.

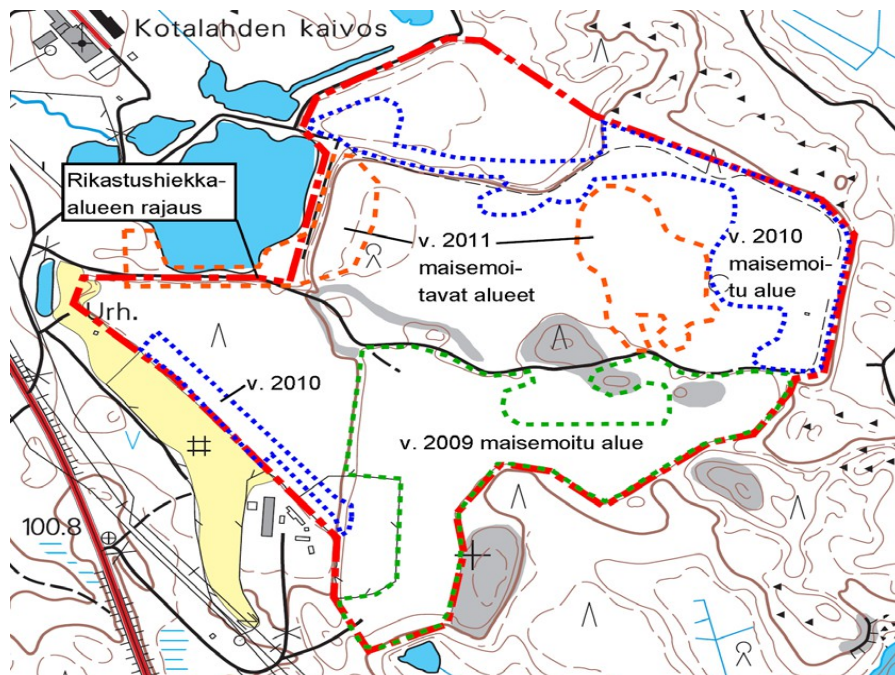


Figure 11. Landscaping of the blast furnace slag area in 2009-2011 (Outokumpu Mining Oy 2010,20)

Test field, for monitoring the layer thickness of sewage sludge.

Savonsellun sewage sludge was spread on the Kotalahti mine's tailings sand area n. 30 000 m<sup>3</sup> between 2009 and 2011. The guideline for the thickness of the cover layer was considered to be 10-20cm. The thickness of the layer varies mainly due to the unevenness of the terrain. The moisture content and composition of the composted sewage sludge varies considerably from delivery to delivery. To monitor the final thickness of the cover layer, a sample field was carried out in August 2010 in the pithead area. Two batches with significantly different moisture content and composition were sampled (moisture content was not measured with a measuring device). An area of approximately 500 m<sup>2</sup> was levelled. Two rows of wood piles were placed 5 m apart. Layer thicknesses were marked on the wooden piles at 10 cm intervals from 20 cm to 50 cm (Figure 12).



Figure 12. The left side of the picture shows the filled test area number 1. and the machine fills test area number 2. The piles are marked with layer thicknesses of 20-, 30-, 40- and 50 cm. Photo by Timo Järvinen, 2010



Figure 13. The experimental field in April 2013. The picture shows that a vibrant vegetation cover has formed in the overburden. Photo Timo Järvinen, 2013

The subsidence of the cap was monitored in 2011 and the latest measurement is from April 2013 (Table 5 and 6).

Table 5. Measurement results of the test field. Field 1. wet sewage sludge, Field 2. dry sewage sludge

| layer thickness<br>cm.<br>16.8.2010 | layer thickness<br>cm.<br>18.6.2011 |        | layer thickness<br>cm.<br>20.4.2013 |        | Total<br>depressi<br>on cm.<br>20.4.2013 |          | average<br>deflection<br>cm |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|------------------------------------------|----------|-----------------------------|
|                                     | field1                              | field2 | field1                              | field2 | field1.                                  | field 2. |                             |
| 50                                  | 38                                  | 36     | 33                                  | 33     | 17                                       | 17       | 17                          |
| 40                                  | 29                                  | 30     | 25                                  | 28     | 15                                       | 13       | 14                          |
| 30                                  | 24                                  | 21     | 21                                  | 19     | 9                                        | 11       | 10                          |
| 20                                  | 16                                  | 13     | 14                                  | 11     | 6                                        | 9        | 7,5                         |

Table 6 Percentage of depression

| layer thickness cm. | Imprint average value<br>cm field1/field2 | deflection % |
|---------------------|-------------------------------------------|--------------|
| 50                  | 17                                        | 34           |
| 40                  | 14                                        | 35           |
| 30                  | 10                                        | 33           |
| 20                  | 7,5                                       | 37           |

As a result of the experiment, the spreading layer of sewage sludge has decreased by an average of 35% within three years of application. To achieve a good growing medium, a layer of sewage sludge of at least 15 cm is required, so the thickness of the layer during application must be at least 23 cm.

## 5.5 Utilisation of sulphate reduction in mine water treatment

The harmful environmental impacts of acid mine drainage do not stop at the end of the mining operation, but may last for several decades. Chemical treatment is not suitable for long-term management of mine water discharges due to the need for regular maintenance and servicing (Gazea et al.

1996). As a result, efforts have been made to develop relatively cheap and easy-to-maintain treatment methods that make use of microbiological processes occurring in nature (Riekkola-Vanhanen & Mustikkamäki 1997). Treatment applications based on the activity of sulphate-reducing bacteria are presented below.

### 5.5.1 Quarrying

During the quarry treatment, the open pit or mine shaft, which is created during the operation of the mine and filled with water after use, is used as a bioreactor. In practice, a bacterial source is typically added to the quarry and, where necessary, suitable sources of silica and nutrients (Riekkola-Vanhanen 1999, Riekkola-Vanhanen & Mustikka- mäki 1997), which stimulate the activity of sulphate scavengers and lead to a reduction in sulphate and metal concentrations through increased bacterial activity (Lyew et al. 1994). In this way, the quality of the water discharged from the quarries can be influenced before it reaches the rest of the environment.

Under the right conditions, an active sulphate leaching strain is formed on the bottom or walls of an open pit or mine shaft, which receives the organic carbon and nutrients it needs from the substrate added with the bacterial strain. Under optimal conditions, a microbial community capable of supporting itself is formed on the bottom and on the adherent surfaces of the bottom of the bottom ash.

## 5.5.2 Putting quarry treatment into practice

Quarry treatment refers to a treatment method in which a mine shaft or open pit filled with water is used as a bioreactor and the water generated in the quarry and also elsewhere in the mine area is treated in situ in the quarry. The treatment will use sulphate scavenging bacteria, which will be activated to reduce the levels of metals and sulphate commonly found in the water of the quarry. Various anaerobic sludges, including animal manure, are rich in sulphate scavenging bacteria and contain the nutrients necessary for bacterial growth. The use of such substrate materials in treatment provides a simple and inexpensive way of treating mine water. At Kotalahti, pig manure was used as a substrate material and was added several times between 1996 and 1997.

Table 7. Analytical data of the Kotalahti mine water 1996-2007. Pig manure was added several times in 1996-1997.

| Aika       | Syvyys | O <sub>2</sub><br>(mg/l) | pH  | Fe<br>(mg/l) | Cu<br>(mg/l) | Ni<br>(mg/l) | SO <sub>4</sub><br>(mg/l) | Mn<br>(mg/l) | Kiintoaines<br>(mg/l) |
|------------|--------|--------------------------|-----|--------------|--------------|--------------|---------------------------|--------------|-----------------------|
| 19.12.1996 | -50    | 3,6                      | 6,7 | 3,1          | < 0,02       | 2,7          | 960                       |              |                       |
|            | -75    | 3,9                      | 6,5 | 2,9          | < 0,02       | 3,1          | 970                       |              |                       |
|            | -100   | 3,1                      | 6,5 | 2,9          | < 0,02       | 3,2          | 940                       |              |                       |
| 11.9.1997  | -10    | 0                        | 7   | 4,5          | 0,09         | 0,04         | 930                       | 4,8          |                       |
|            | -20    | 0                        | 6,8 | 4,4          | 0,04         | 0,04         | 1000                      | 4,8          |                       |
|            | -30    | 0                        | 6,9 | 4,7          | < 0,02       | 0,05         | 1000                      | 4,8          |                       |
|            | -50    | 0                        | 6,7 | 11           | < 0,02       | 0,46         | 1100                      | 4,7          |                       |
|            | -70    | 0                        | 6,4 | 23           | 0,06         | 1,5          | 1100                      | 4,4          |                       |
|            | -100   | 0                        | 6,3 | 23           | < 0,02       | 1,8          | 1100                      | 4,3          |                       |
| 19.1.1999  | -10    | 0                        | 7   | 1,6          | < 0,03       | 0,13         | 210                       | 0,57         |                       |
|            | -30    | 0                        | 7,1 | 0,15         | < 0,03       | 0,01         | 600                       | 2,8          |                       |
|            | -70    | 0                        | 6,9 | 10           | < 0,03       | 0,08         | 720                       | 3            |                       |
|            | -100   | 0                        | 6,8 | 16           | < 0,03       | 0,1          | 910                       | 3,7          |                       |
| 18.12.2003 | -10    | 0                        | 7,4 | 0,041        | < 0,03       | 0,15         | 120                       | 0,31         | 14                    |
|            | -30    | 0                        | 7,4 | 0,045        | < 0,03       | 0,14         | 130                       | 0,3          | 21                    |
|            | -70    | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,03       | 0,11         | 130                       | 0,34         | 17                    |
|            | -100   | 0,15                     | 7,5 | 0,041        | < 0,03       | 0,1          | 130                       | 0,33         | 44                    |
| 21.12.2005 | -10    | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,02       | 0,2          | 110                       | 0,19         | 8                     |
|            | -30    | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,02       | 0,15         | 110                       | 0,21         | 7                     |
|            | -70    | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,02       | 0,31         | 150                       | 0,18         | 78                    |
|            | -100   | 0                        | 7,5 | < 0,040      | < 0,02       | 0,078        | 130                       | 0,28         | 20                    |
| 10.12.2007 | -10    | 0                        | 7,5 | 0,55         | < 0,03       | 0,11         | 110                       | 0,28         |                       |
|            | -30    | 0                        | 7,5 | 0,57         | < 0,03       | 0,1          | 110                       | 0,28         |                       |
|            | -70    | 0                        | 7,4 | 1,2          | < 0,03       | 0,09         | 140                       | 0,43         |                       |
|            | -100   | 0                        | 7,5 | 0,58         | < 0,03       | 0,098        | 110                       | 0,28         |                       |

The results show that the metal and sulphate concentrations in the water have been very low since 1999 and there have been no major changes in the concentrations since then. Manganese and iron are the last metals to precipitate in the order of sulphide precipitation, and the concentrations have started to decrease together with the sulphate content of the water. Since the last water quality measures were taken in 1999, it can be concluded that the Vehka Gorge has developed a self-sustaining population of sulphate scum which has been able to function independently for several years.

the period. Provided that conditions in the mine remain relatively unchanged, the treatment of waste rock is a sustainable solution in the longer term. It is common that several substrate additions are required to start treatment in order to accumulate sufficient organic matter and nutrients for the bacteria (Benefit of sulphate reduction in the treatment of acid mine drainage Vestola /Mroueh2008, )

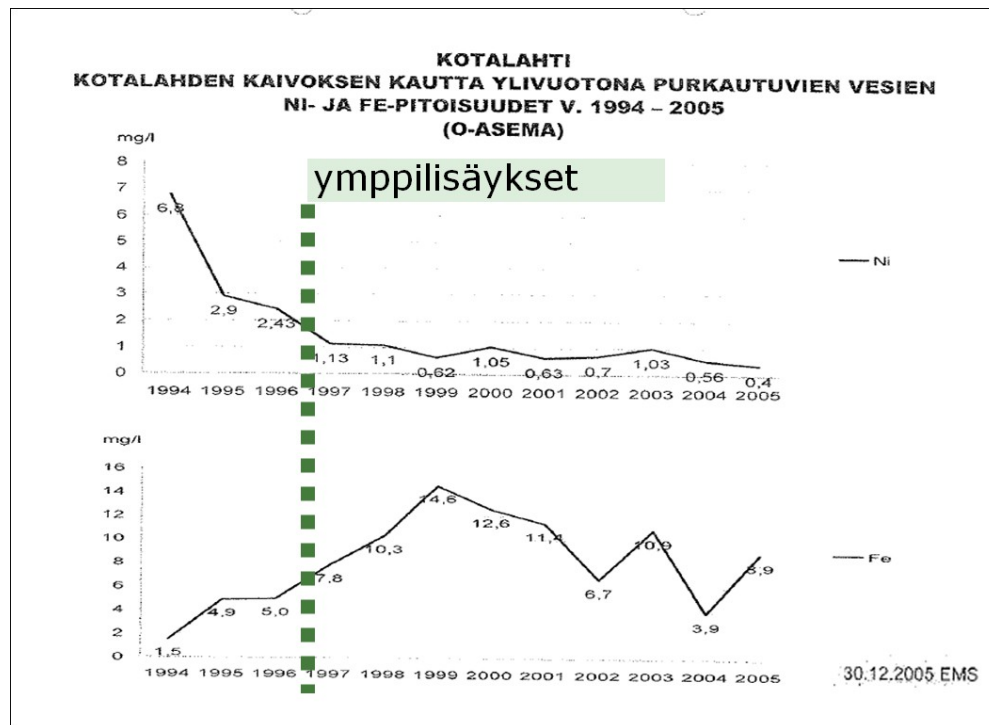


Figure 14: Effects of bacterial enrichment (1996-1997) on nickel and iron concentrations in the intermediate basin of the Kotalahti old mine aftertreatment. Photo by E. Soininen, Outokumpu Mining Oy.

According to the current permit decision, the increase of bacteria in the mine water will be assessed in the next environmental permit application, according to permit condition 3.

*"If necessary, sulphate-reducing bacterial enzyme or bacterial nutrients can be added to the mine water based on monitoring results. The addition of nitrogen or nutrients must be notified to the North Savo Environment Centre and the environmental protection authority of the municipality of Leppävirra 3 months before the measure is taken. The notification shall include the basis for calculating the amount of nitrogen or nutrients required, the quantity and quality of the nutrients to be added and the reasons for the increase."*

(Decision 78/2011/8/30 of the Regional State Administrative Agency of Eastern Finland, permit condition 3)

## 5.6 Test pumping from a mine shaft

The first phase, which started in 2009, was a test pumping of the mine shaft (Figure 15). The purpose of the experiment was to change the direction of the mine's overflow water so that it would flow from the wetland at Mertakoski back into the mine shaft. The starting point of the experiment was to pump water from the mine shaft of the Vehka lift tower, thereby lowering the mine water level. Based on the water samples, there was reason to assume that the water quality in the upper part of the mine shaft was good enough to be discharged directly into the watercourse. The water pumped from the test operation was piped to a pipeline that discharges clean water from the surrounding area into the K Basin and the River Oravijoki. The North Savo Environment Centre issued a permit for the pumping experiment on 17 July 2009.

A pumping station was built in the Vehka shaft and a valve was installed at the outlet end to provide a controlled flow. The first test pumping started on 31 August 2009. Pumping started at 200 m<sup>3</sup>/d and was gradually increased to 1100 m<sup>3</sup>/d the following day. On the third day of the trial, the water level in the tunnel was found to have dropped by 10–15 cm, and the pumping rate was increased to 400 m<sup>3</sup>/d. On the fourth day of pumping, signs of solids were found in the water and the water was occasionally brown. On the fifth day the water was found to have turned brown and pumping was stopped. The clouding of the water was probably due to the high pumping capacity. The drop in water level caused the release of iron deposits from the ash pond, which had been dumped in a nearby open pit.

The second pumping experiment was carried out in the same pumping well. Before pumping was started, a modification was made to the piping system to divert the water from the pipe through the aeration hole into the C-basin during the experiment (Figure 15). This arrangement allowed the water to be directed to the wetland treatment, rather than directly to the environment. Any deterioration in water quality would therefore not be detrimental to the environment. The second pumping experiment was started on 29 September 2009 with a pumping capacity of 350 m<sup>3</sup>/d. The flow was throttled to 120 m<sup>3</sup>/d, at which rate the pumping was continued until the end of the experiment on 19 November 2009. The water was visibly clear throughout the pumping test, and the water level observations from the water level in the wind tunnel and wetland basins indicated that the direction of the mine water flow had changed as expected. However, water samples taken during the experiment showed that the water quality did not meet the conditions of the environmental permit with regard to solids and iron. The concentration of solids was around 20 mg/l compared to the permit limit of 10 mg/l and the concentration of iron was around 25 mg/l compared to the permit limit of 2 mg/l.



Figure 15. Installation of the test pumping discharge pipe and the wooden aeration drill in Basin C. Photo. Timo Järvinen 2009

### 5.7 Measurements and monitoring of experimental activities

In 2009, elbows and risers were installed at the ends of the pipes from the C catchment to the Mertakoski basin and the E catchment on the C catchment side, with the ends set at +88.50(KKJ 60). These pipes were used to raise the water level in basin C, in order to change the direction of the water flow. At the same time, a valve-equipped intermediate pipe was installed between the C basin and the Mertakoski overflow basin. After this arrangement, surface run-off and leachate accumulating in pond C could not reach the other ponds, except by seepage through the dam embankment.

The water from the Mertakoski basin flows through the intermediate basin to the E basin and further along the outfall to the treatment plant. In the 2010 pilot operation, the water flow was changed so that the mine overflow water was diverted from the intermediate basin through a pipe constructed in Basin K to the River Oravijoki. The water was prevented from entering the E basin from the intermediate basin by damming the pipe between the basins.

The pipe from the intermediate basin to the K basin had a V-measurement dam built into it to illustrate the amount of water flowing through the pipe. The metering dam was later known as the M1 (metering dam structure Figure 16).

Before the experimental activities started, the quality of the water in the Oravijoki River and the water entering the treatment plant was determined and the samples were analysed for pH, iron, solids, sulphate and nickel. This ensured that the water quality was below the concentration limits set in the environmental permit. Water quality was monitored approximately once a month at three monitoring points during the trial period:

1. Intermediate basin, waters entering the intermediate basin from the Mertakoski overflow reservoir
2. River Oravijoki,
3. Waste water treatment plant, water entering the plant TP

Water flows have been measured weekly during the initial phase of the experiment. At the M2 gauging dam, rainfall and its impact on the flow have also been observed. Water flow rates have been observed at three locations:

1. Measuring dam between the intermediate basin and basin K, M1
2. At the mouth of the outlet from the E basin, at the measuring dam M2
3. From the inlet of the treatment plant, TP

#### 5.7.1 Measuring the flow with a V-measuring dam

Flow measurements can be made using a relatively simple measurement method known as a V-measurement dam or Thompson dam. The principle of the drum-mounted measurement and the formula for calculating the flow are shown below. In the 2010 test, the same principle was used to construct M1 and M2 measuring dams on the bank of the flow rates.

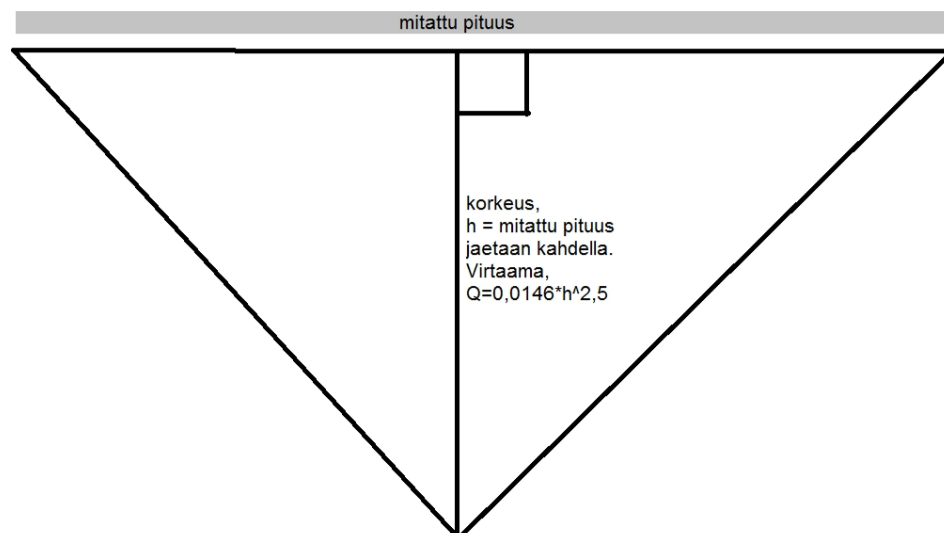


Figure 16 Measurement principle and calculation formula of the V-scale dam (Figure Groundia

Oy, experimental action plan 2010 )

Kotalahden vanhan kaivoksen vesien hallintaan liittyvä koejärjestely, v. 2010

Välialtaan ja K-altaan väliin asennettavan putken periaatepiirros (12.5.2010)  
passiivinen kaivosvesien johtaminen-koetoiminta

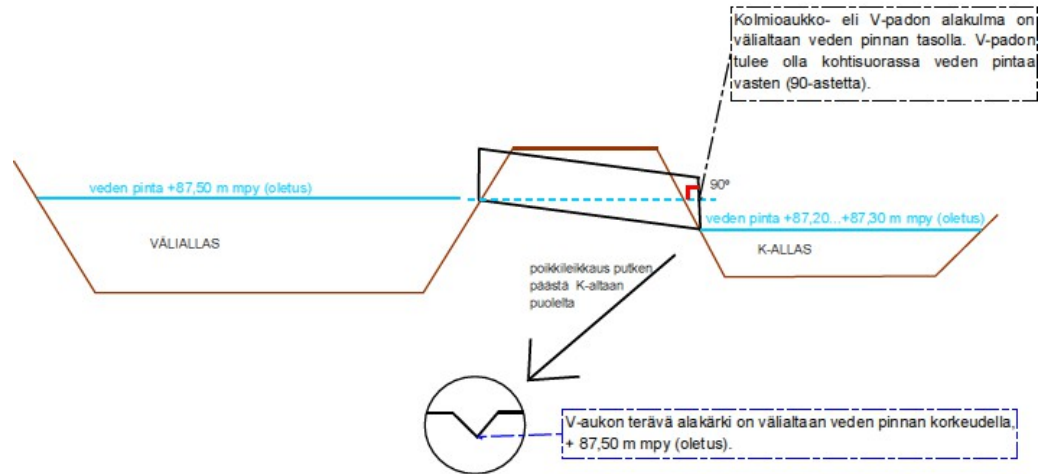


Figure 17: Basic view of the M1 measuring dam (photo Groundia, Koivuhuhta, 2010)



Figure 18: Water arrangement and measurement pond locations in the 2010 trial (photo, Groundia Oy 2010 trial plan.)

Fluctuations in water flows have been high at the M1 dam. The peak flow was in December 2011 during the snow cover. The increase in flow may be due to earthworks in reservoir C and the installation of an oxidizer on the Mertakoski reservoir at the same time. On average, flows have varied between 200 and 500 m<sup>3</sup>/d at the M1 dam and between 20 and 130 m<sup>3</sup>/d at the M2 dam. Compared to last year's values, the flows have increased, but the most likely reason for the increase is higher rainfall. The average results (m<sup>3</sup>/d) of the flow measurements in the Kotalahti mining area during the experimental period in 2010 are shown in Table 8.

September precipitation is a single result from 15 September 2010\* and no precipitation data were available for October. Abbreviation; n = number of observations (Outokumpu Corporation Annual Report, Samuli Nikula 2012).

Table 8. Results of rainfall and discharge monitoring in the Kotalahti mining area.

|          | <b>sadanta<br/>(mm)</b> | <b>M1<br/>(m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>M2<br/>(m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>TP<br/>(m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>LK<br/>(m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>n</b> |
|----------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------|
| heinäkuu | 29                      | 262                             | 49                              | 78                              | 113                             | 23       |
| elokuu   | 82                      | 349                             | 100                             | 140                             | 169                             | 13       |
| syyskuu  | 40*                     | 396                             | 108                             | 153                             | 246                             | 2        |
| lokakuu  | -                       | 425                             | 100                             | 136                             | 164                             | 2        |

## 5.8 Water quality during experimental activities 2010 2012

Water quality was monitored by taking water samples before and during the experiment, at three points approximately once a month. The concentrations in the water discharged into the River Oravijoki did not exceed the conditions of the environmental permit during the summer trial period, so the trial period was extended. Between November and April, the iron concentration in solids at monitoring ponds M1 and M2 exceeded the concentration limits. This is due to a decrease in the oxygen content of the water when the ponds are covered with ice. The vegetation also does not bind iron deposits during the winter period. Nickel concentrations are above the permitted concentration limit in only one sample (29 December 2011) at the M1 monitoring pond. The exceedance is most likely due to the installation of an oxidation pump in the Mertakoski basin, which has mobilised the nickel in the sediments at the bottom of the basin. The pH values of the samples have varied between 6.6 and 7.4 in the M1 monitoring well; between 6.3 and 7.1 in the M2 monitoring well and between 6.0 and 7.8 in the TP well. Aftercare activities in 2011 and experimental results for the year 2010 2012. Sa- muli Nikula/Outokumpu Mining Oy and Auri Koivuhuhta/Ramboll Finland Oy, 26.3.2012)

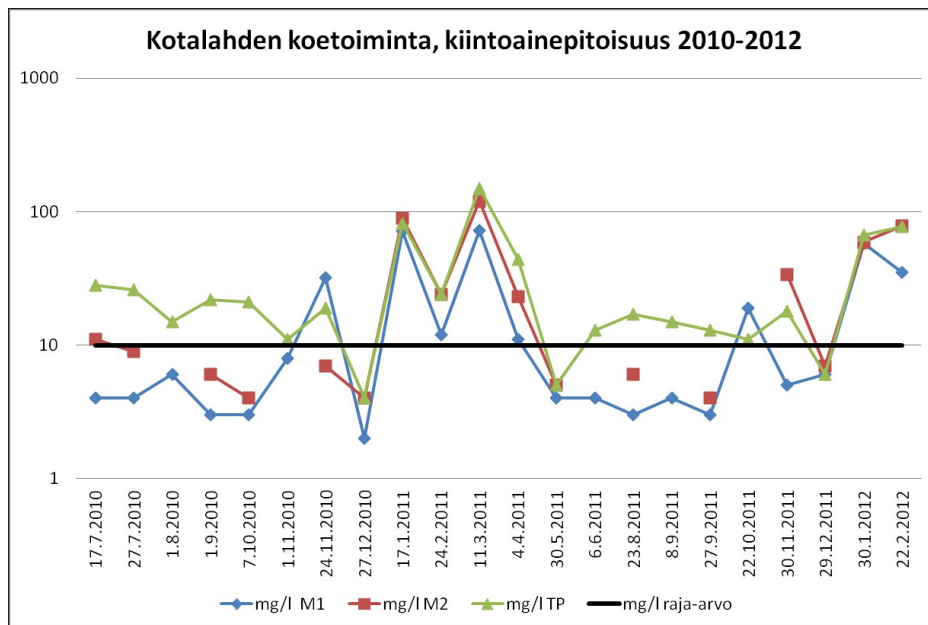


Figure 19 Variation of suspended solids concentrations in water at monitoring points M1, M2 and TP during the experiment. The figure shows the permit limit value (black line) of 10 mg/l

(Photo. Outokumpu Corporation Annual Report, Samuli Nikula 2012)

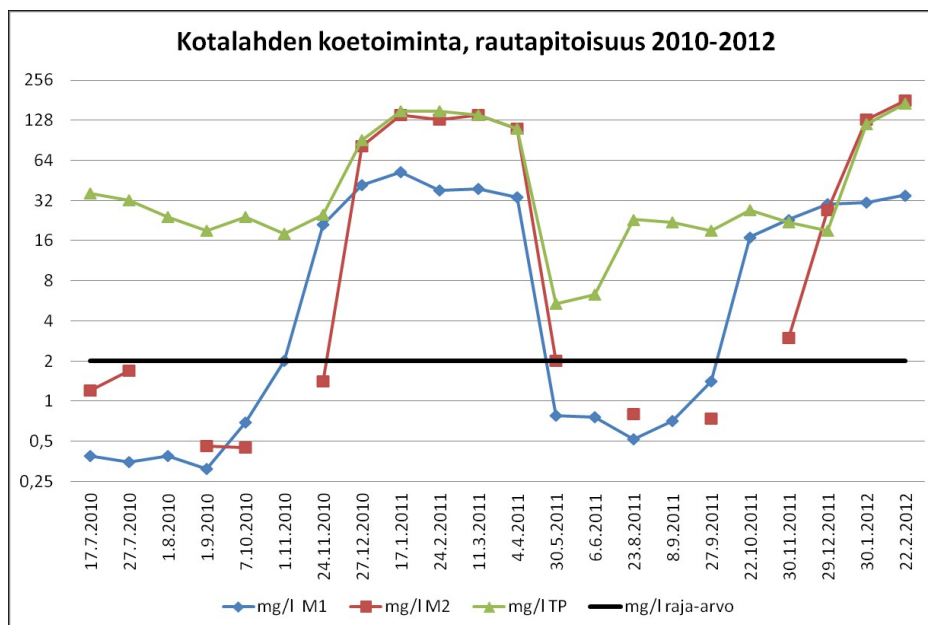


Figure 20 Variation of iron concentration during the experimental period at monitoring points M1, M2, and TP. Iron concentration (black line) 2mg/l

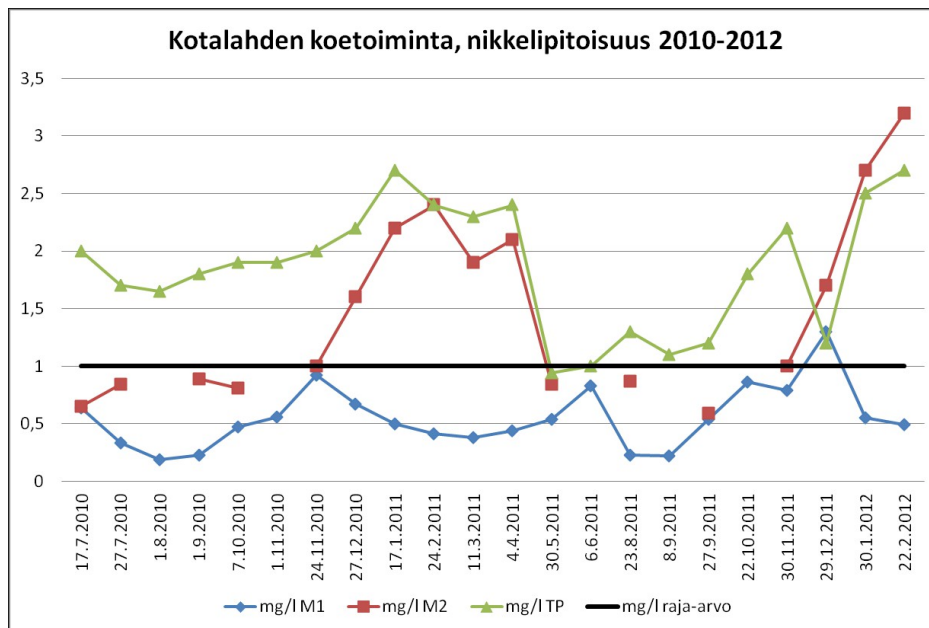


Figure 21 Variation of nickel concentration during the experimental period at monitoring points M1, M2, TP. Nickel concentration in compliance with the permit (black line) 1mg/l  
(Photo: Outokumpu Oyj annual report, Samuli Nikula 2012)

## 6 CONCLUSIONS

Currently, the establishment of a new mine requires a thorough environmental impact assessment and is strictly regulated by environmental permits. During the construction phase, the structures and operations can be designed in such a way that the environmental damage caused by the mine can be prevented. The Kotalahti mine was established in the 1950s, and knowledge of the environmental impact of mining and how to take it into account was not a top priority at the time. The economic benefits of mining, which translated into a higher standard of living for the village community, have been welcome.

However, mining activities will continue to have an environmental impact even after the mine closes. The tailings and tailings sand ponds created in the mining area have been placed on the existing ground without protective foundations. At the Kotalahti quarry, waste rock and tailings sand have been dumped in a former vegetation pond, from which the overflow waters have flowed into Oravilahti. Today, there are wetland ponds on the site of Vehkalame. The problem with the treatment and management of run-off water from the mining area is that it seeps through the dams and through the bottom of the ponds.

In the Kotalahti mining area, so-called passive water treatment methods are used. They aim to influence the acidity and oxygen content of the water in order to reduce the concentration of dissolved metals in the water. The passive methods used in the mining area include wetland treatment, oxidation, sulphide reduction, prevention of oxidation and erosion of the tailings area and treatment of run-off water. There are tried and tested models for passive water treatment methods, but as site conditions are not identical, the suitability of the method used must be tested in practice.

In 2009, the water level in the C pond was raised for a pumping experiment from the level of +87,50 to +88,50. The water level in the E basin is approximately +87.50, a difference of 1 metre. The pipe connections to the E basin are closed, but water still flows from the basin to the treatment plant via the wetland of the outfall. This suggests that the water in basin E is leaching either from basin C through the intermediate dam, or from the bottom.

As a support measure, I would suggest lowering the water level in basin C to +88.00. This would still not impair the wetland function, but a reduction in the pressure differential could reduce the seepage of water into the E basin. The water from reservoir C could still be discharged into the Mertakoski overflow reservoir, as the water level in Mertakoski fluctuates between +87.50 and +87.65.

The metal and solids concentrations in the water discharged from the mining area to the underground treatment plant have been above the concentration limit specified in the environmental permit. It has been possible to reduce the flow to the treatment plant to a quarter of the level of the 2010 pilot operation. With the total flow substantially lower than before the experimental arrangements, the total load of run-off water discharged into the Gulf of Oravila has been substantially reduced.

The treatment plant could be further improved by removing the slow-filtration basin and filling it with calcite chippings. Both parts of the two-part basin could be equipped with the same type of distribution piping as installed during the 2010 renovation. This would enhance the oxidation of the water and increase the pH level, which would contribute to the precipitation of iron and nickel in the treatment plant.

The dry filter of the treatment plant contains a layer of calcite crushed stone of about 25 cm. The filter's crushing pad effectively collects iron scale, but it quickly becomes clogged and water begins to flood over the edges. The edge of the dry filter could be raised with, for example, cast concrete blocks, for example 3 layers of blocks, which means a 0.6 m rise. This would give the dry filter a thicker calcite mat and extend the cleaning and maintenance intervals.

Where it is reasonable to do so, the rich sand area is covered with a layer of vegetation. In areas where trees have established, tree leaves and litter also form, which, when they decompose, form a layer of humus and cause eutrophication of the undergrowth. Savon-Sellun sewage sludge has served as an excellent growing medium for grass and other natural plants. Naturally seeded tree seedlings grow in the cover layer.

Monitoring of the thickness of the sludge layer shows that the layer applied wet will shrink by about 35% and this must be taken into account when calculating the material quantities and applying the overlay.

The trees previously established in the sands area are at the stage of growth where their branches are becoming stunted. Thinning should therefore be considered to avoid reducing the living canopy. Keeping the tree branches lush will help water evaporation and in a thinner forest, understory vegetation will also form at the roots of the trees to absorb rainwater. The effect of the cover of the siliceous sand area on water concentrations can be observed over a longer period of time. In any case, the cover will prevent dust pollution of the area.

The addition of a bacteria loop to the Vehka shaft has been planned, but the metal concentrations in the mine's overflow waters have not risen, so no bacteria loop will be added at this stage.

A ditch dug between the K-basin and the Oravijoki River will prevent flood waters from rising as expected last year. The ramps of the excavated ditch have remained in good shape and the water has not caused the ramps to collapse or erode.

In summary, the after-management measures carried out in the Kotalahti mining area between 2009 and 2012 have been effective and the overall load on Oravilahti has been substantially reduced. Based on the results of the pilot action, the selected measures have proven to be effective and provide guidance for future plans to improve the treatment of runoff water in the closed Kotalahti mining area.

## SOURCES

Treasure Town, Outokumpu

[referred 15.2.2013.]

Available from [www.aarrekaupunki.fi/kaivosmuseo](http://www.aarrekaupunki.fi/kaivosmuseo)

Arto Savolainen Building inventory of Leppävirra municipality 2005- 2006

[www.pohjois-savo.fi/fi/psl/maakuntakaavoitus/.../Oravikoski\\_2006.pdf](http://www.pohjois-savo.fi/fi/psl/maakuntakaavoitus/.../Oravikoski_2006.pdf)

Decision of the Regional State Administrative Agency for Eastern Finland

ISAVI decision Dnro: ISAVI/283/04.08/2010 [referred 15.4.2013.]

Available at [www.avi.fi](http://www.avi.fi) '... ' *Environmental and water management permits*

' *Environmental permits*

University of Eastern Finland. Development of mining in Finland. [referred 20.2.2013].

Available from <http://www.uef.fi/kaivostutkimus/kaivostoiminnan-kehitys-suomessa>

Environmental Engineering in Mining Project 2005. Mine Closure Manual. Available at:

[http://www.arkisto.gtk.fi/ej/kaivoksen\\_sulkeminen.pdf](http://www.arkisto.gtk.fi/ej/kaivoksen_sulkeminen.pdf)

The old Kotalahti mine. Aftercare activities in 2011 and experimental results for the year 2010 2012. Samuli Nikula/Outokumpu Mining Oy and Auri Koivuhuhta/Ramboll Finland Oy, 26.3.2012)

Kuisma Markku 1985. Outokumpu 1910-1985. From a copper mine to a large company. Outokumpu Oy.

Outokumpu Oyj annual report Samuli Nikula 2012. [referred 10.5.2013.]

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, Annual summary of the Koirusvede general monitoring programme 2012, . [referred 10.5.2013. not published]

Finnish Environment Institute. Environment Finland 29/2011. Best environmental practices in metal ore mining. [Accessed 20.4.2013]. Available: [www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment 69/2010. [e-publication]. Mineral economy as a growing opportunity. [referred 10.5.2013.] Available from <http://www.tem.fi/?s=4584>

Vestola/Mroueh 2008. Benefit of sulphate leaching in the treatment of acid mine drainage.

