



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Kosteikkokäsittelyn velvoitetarkkailu vesinäytteiden
osalta Suomen metallimalmikaivoksilla**

Kirsikka Kiviranta

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Marraskuu 2016



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Kosteikkokäsittelyn velvoitetarkkailu vesinäytteiden
osalta Suomen metallimalmikaivoksilla**

Kirsikka Kiviranta

Ohjaaja: Riku Eskelinen

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Marraskuu 2016

TIIVISTELMÄ

OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Ympäristötekniikan koulutusohjelma		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Kiviranta, Kirsikka		Työn ohjaaja yliopistolla Eskelinen R, DI	
Työn nimi Kosteikkokäsittelyn velvoitetarkkailu vesinäytteiden osalta Suomen metallimalmikaivoksilla			
Opintosuunta Vesi- ja yhdyskuntatekniikka	Työn laji Kandidaatintyö	Aika Marraskuu 2016	Sivumäärä 28 s.
Tiivistelmä <p>Kosteikkokäsittely on käyttökustannuksiltaan edullinen vedenpuhdistusta tukeva vesienkäsittelymenetelmä, jonka avulla puhdistettavasta vedestä voidaan erottaa kiintoainetta, metalleja ja ravinteita. Vuonna 2015 Suomessa toimi kymmenen metallimalmikaivosta, joista neljä hyödynsi kosteikkoja vesienkäsittelyssään. Kosteikkokäsittelyllä pyrittiin pääasiassa tehostamaan kaivoksilta luontoon johdettavien vesien puhdistustulosta.</p> <p>Kaivoskohtaiset ympäristöluvut ovat velvoittaneet jokaisen kosteikkokäsittelyä toiminnassaan hyödyntävän kaivoksen tarkkailemaan kosteikkokentän toimintaa. Velvoitetarkkailun tavoitteena on taata se, että kosteikoilta luontoon johdettavan veden haitta-ainepitoisuudet eivät aiheuta ympäristölle vaaraa.</p> <p>Tämä kandidaatintyö tarkastelee kosteikkokäsittelyn toimintaa ja yleisyyttä Suomessa, sekä perehtyy ympäristölupien asettamiin säännöksiin ja velvoitteisiin, jotka käsittelevät kyseistä puhdistusprosessia Suomen metallimalmikaivoksilla. Työn tavoitteena on selvittää velvoitetarkkailun edellyttämät yleiset vaatimukset kosteikkokäsittelykenttien tarkkailutoimenpiteille. Työssä hyödynnetään kosteikkokäsittelyä toiminnassaan käyttävien metallimalmikaivosten julkisia ympäristölupia, joiden pohjalta koostetaan vaatimukset kosteikkokäsittelykentän toiminnan varmistamiseksi.</p> <p>Saatujen tulosten perusteella kaivosten on pääasiassa seurattava kosteikoille johdettavan veden laatua, sillä toiminnanharjoittaja kykenee vaikuttamaan sen koostumukseen parhaiten. Kosteikkokäsittelykentän oikeaoppisen toiminnan varmistamiseksi velvoitetarkkailtavista vesitaseista on ensisijaisesti tarkkailtava veden pH-, kiintoaine-, metalli- ja sulfaattipitoisuuksia. Vesitaseista tarkkailtavat metallipitoisuudet ovat kaivoskohtaisia louhittavien malmien eroavaisuuksista johtuen.</p>			
Muita tietoja			

ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Environmental Engineering		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Kiviranta, Kirsikka		Thesis Supervisor Eskelinen R, M.Sc. (Tech.)	
Title of Thesis The function control of treatment wetlands in the Finnish metallic mineral mining industry			
Major Subject Water Engineering	Type of Thesis Bachelor's Thesis	Submission Date November 2016	Number of Pages 28 p.
Abstract <p>Treatment wetlands are an inexpensive water treatment method that reduce suspended solids, metals and nutritive substances from the wastewater. In 2015, four out of ten active metallic mineral mines in Finland used treatment wetlands as a part of their wastewater treatment system in order to improve purification efficiency.</p> <p>Each operating mine has its own environmental permit that assigns the mine to supervise that the wetlands are functioning properly while they are used to purify wastewaters. The obligations given for wetland performance in the environmental permits aim to protect the environment from harmful amounts of hazardous substances.</p> <p>This thesis examines the usage and commonness of treatment wetlands in the Finnish metallic mineral mining industry. This thesis also discusses the rules regulating the functioning of treatment wetlands. The aim of this thesis is to determine the general guidelines for the function control of wetlands used in the Finnish metallic mineral mining industry. Public environmental permits were used to collect the information regarding the requirements ensuring the proper functioning of the treatment wetlands.</p> <p>The study shows that the mines are primarily obligated to monitor the quality of the wastewater that is led in to the treatment wetlands. Generally the entrepreneur has better capabilities to affect the quality of the water that is led in to the treatment wetlands compared to the water that is led out from the treatment wetlands. To ensure that the treatment wetlands are functioning properly, pH of water and the concentration of solids, metals and sulfate need to be monitored from the wastewater. The ore quarried in each mine creates differences on which metals the mine has to observe from its wastewaters.</p>			
Additional Information			

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Abstract

Sisällysluettelo

1 Johdanto	5
2 Kaivosvesien kosteikkokäsittely	6
2.1 Yleistä.....	6
2.2 Kosteikon toiminta	6
3 Kosteikkokäsittely kaivosten vesienpuhdistusmenetelmänä.....	8
3.1 Puhdistettavat vesijakeet	8
3.2 Kosteikon tehokkuuteen vaikuttavat tekijät	9
3.2.1 Puhdistettavan veden määrä	9
3.2.2 Mahdolliset häiriötilanteet	10
4 Katsaus kosteikkokäsittelyä käyttävistä kaivoksista Suomessa	11
4.1 Kosteikkokäsittelyn yleisyys.....	11
4.2 Kevitsan kaivos	11
4.3 Pyhäsalmen kaivos	11
4.3.1 Suoto vesien puhdistus	12
4.4 Suurkuusikon kaivos	12
4.5 Talvivaaran kaivos	13
4.5.1 Jälkikäsittely-yksiköt	13
5 Kosteikkokäsittelyn velvoitetarkkailu.....	15
5.1 Kaivosten tarkkailuvelvoitteet.....	15
5.1.1 Määritettävät parametrit.....	15
5.2 Velvoitetarkkailumääräysten analysointi	17
5.2.1 Samankaltaisuudet kaivosten velvoitetarkkailussa	17
5.2.2 Näytteenottotaajuudet	18
5.3 Raja-arvot ulosjohdettaville vesille	19
5.3.1 Tarkkailtavat vesijakeet	21
5.3.2 Perustelut raja-arvoille	22
5.4 Velvoitetarkkailun raportointi ja laadunvalvonta.....	23
6 Yhteenveto	24
7 Lähdeluettelo	26

1 JOHDANTO

Kosteikkoja on hyödynnetty yhdyskuntien jätevesien käsittelyssä 1970-luvulta lähtien. Viime aikoina kosteikkoja on alettu hyödyntää myös teollisuuden jätevesien puhdistuksessa. (Ronkanen 2009) Kosteikon puhdistusteho perustuu siellä tapahtuviin biologisiin prosesseihin ja veden hitaaseen virtausnopeuteen, joka mahdollistaa kiintoaineksen laskeutumisen kosteikon pohjalle. (Räisänen 2004) Kaivoksilla jätevesien kosteikkokäsittely on yleensä viimeinen vaihe vedenpuhdistuksessa ennen veden palauttamista osaksi luonnon kiertokulkua. Kosteikon puhdistustehoa ja toimintaa tarkkaillaan viranomaisten ja kaivosyrittäjän toimesta, jotta voidaan arvioida kaivosteollisuuden ympäristövaikutuksia.

Osalla Suomen metallimalmikaivoksista on käytössä kosteikkokäsittely osana kaivoksen kierrosta luontoon poistettavien vesien puhdistusta. Kosteikko pidättää kiintoainetta, metalleja ja ravinteita samalla, kun puhdistettava vesi virtaa sen lävitse. Koska kosteikkokäsittely on sitä hyödyntävien kaivosten viimeinen veden puhdistusprosessi ennen kaivosvesien johtoa luontoon, on kosteikon puhdistustehokkuuden tarkkailu erittäin tärkeää. Mikäli kaivokselta luontoon johdettavien vesien puhdistus ei ole ollut riittävää, seuraukset voivat ilmetä esimerkiksi kaivosympäristön happamoitumisena tai vesistön rehevöitymisena. (Kauppila ym. 2011)

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on luoda kirjallisuusselvitys Suomen metallimalmikaivoksilla toimivista kosteikkokäsittelykentistä, sekä kosteikkokäsittelykenttien toimintaan liittyvästä velvoitetarkkailusta. Tarkoituksena on perehtyä kosteikkokäsittelyn toimintaan sekä tarkastella ympäristölupien asettamia määräyksiä kosteikkokäsittelyn toiminnan tarkkailuun liittyen. Tässä työssä perehdytään erityisesti kosteikkokäsittelykentiltä poistuvan veden laadun velvoitetarkkailuun, sillä kentiltä poistuva vesi on suorassa kosketuksessa ympäröivän luonnon kanssa ja sen laadun heikkeneminen ilmenee muutoksina alapuolisissa vesiekosysteemeissä ja kaivoksen ympäristössä.

Kosteikkojen toiminnan tehokkuutta Suomen kaivosten jätevesien puhdistuksessa on tutkittu aiemmin ja tutkimusten mukaan kosteikkojen puhdistustulokset ovat olleet enimmäkseen hyviä (Palmer ym. 2014). Kosteikkojen tehokkuutta ja yleisyyttä on tutkittu esimerkiksi Taina Pöngän diplomityössä Turvekosteikot kaivosvesien puhdistajina (2013).

2 KAIVOSVESIEN KOSTEIKKOKÄSITTELY

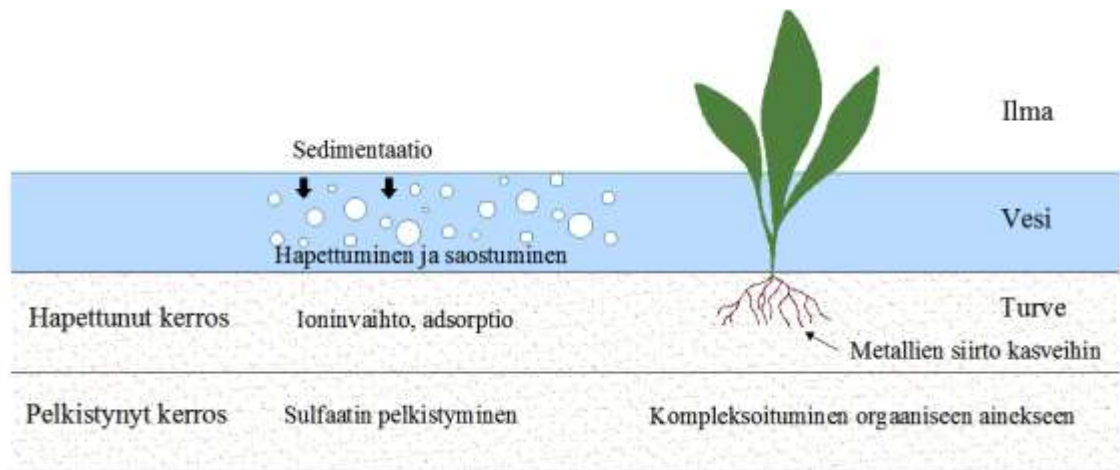
2.1 Yleistä

Kosteikkokäsittely on yksi jätevesien puhdistuksessa käytettävä passiivinen menetelmä, jonka toiminta perustuu luonnon luontaisiin mekaanisiin, kemiallisiin ja biologisiin prosesseihin. Vesiperäisinä alueina kosteikot tarjoavat kasvualustan runsaalle ja monipuoliselle maa- ja vesikasvillisuudelle. Myös pintavalutuskentiksi kutsuttujen kosteikkojen toiminnassa kasvit hidastavat veden virtausnopeutta. Vesi suotautuu osittain maakerrosten läpi, jolloin kosteikon maaperään pidättyy puhdistettavan veden kiintoainetta ja ravinteita. (Räisänen 2004)

Suomessa kosteikkokäsittelyllä on saatu vähennettyä pistekuormituksen, kuten yhdyskuntajätevesien (Karjalainen & Ronkanen 2005), turvetuotannon valumavesien (Ilhme 1994) ja kaivosvesien (Räisänen ym. 2001) sekä hajakuormituksen, kuten metsätalouden (Silvan ym. 2004) aiheuttamia vesistökuormituksia. (Ronkanen 2009) Passiivisena menetelmänä kosteikkokäsittely ei vaadi ulkoista energiaa, joten kosteikkokäsittelyn etuna ovat halvat investointi- ja käyttökustannukset, joiden suuruus määräytyy pääasiassa maa- ja kiviainesten tarpeen ja saatavuuden mukaan (Räisänen 2004).

2.2 Kosteikon toiminta

Kosteikot muodostuvat useista kerroksista, joihin puhdistettavat aineet pidättyvät eri tavoin (Kuva 1). Hapellisessa pintavedessä kiintoainepartikkelit laskeutuvat sedimenttipatjan pintakerrokseen. Rauta hapettuu ja saostuu oksidihydroksidina. Sedimenttipatjan paksuuntuessa alempien kerrosten rautasaostumat hajoavat ja pelkistyvät mikrobiologisissa reaktioissa. Pelkistyminen vaatii energialähteen orgaanista hiiltä, jota syntyy uusiutuvan kasviaineksen mädäntyessä. Pelkistynyt rauta saostuu niukkaliukoisena rautasulfidina. Myös muut metallit voivat saostua sulfideina, mutta yleensä ne pidättyvät orgaaniseen sedimenttiainekseen niukkaliukoisina metallikomplekseina. (Räisänen 2004)



Kuva 1. Kosteikon rakenne ja aineiden pidättymistavat kosteikon eri kerroksissa (Walton-Day 1999 mukailten).

Kompleksinmuodostusreaktio on reaktio, jossa puhdistettavat metallit muodostavat sidoksia orgaanisen aineksen pintakerrosten kanssa. Muiden kiintoainepartikkelien, kuten muodostuneiden rautaoksidihydroksidien pintaan puhdistettavat metallit kiinnittyvät ioninvaihdon ja adsorption seurauksena. Myös näiden reaktioiden keskeisenä piirteenä on se, että puhdistettavat aineet muodostavat vahvuudeltaan erilaisia sidoksia sähköisesti varautuneiden mineraalien kanssa. (Geologian tutkimuskeskus 2002)

Kiintoainepartikkelien ja hajoavan orgaanisen aineksen ohella myös kasvit voivat sitoa metalleja kasvilajista riippuen joko juurien tai lehtien avulla. Kasveihin sitoutunut metallimäärä on kuitenkin yleensä hyvin pieni verrattuna metallimäärään, joka on sitoutunut sedimentteihin. Kasvien tarjoama vaikutus metallien pidättymiseen on usein vain välillinen. Kasvit luovat hapelliset olosuhteet kosteikolle ja tarjoavat orgaanista ainesta mikrobien käytettäväksi. (Räisänen 2004)

3 KOSTEIKKOKÄSITTELY KAIVOSTEN VESIENPUHDISTUSMENETELMÄNÄ

Suomessa metallimalmikaivostoiminnassa käytettävien kosteikkojen toiminnan tarkoituksena on puhdistaa sinne johdettavista vesistä kiintoainetta, metalleja ja ravinteita. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2009a, s. 98). Suomessa toimivien metallimalmikaivosten ympäristölupien pohjalta tehdyn kartoituksen mukaan kosteikot toimivat yleensä kaivosten jätevesien jälkikäsitteily-yksikköinä. Kaivosvesien päätoiminen puhdistus on tapahtunut jo ennen vesijakeiden johtoa kosteikolle esimerkiksi vesivarasto- tai selkeytysaltailla, jolloin kosteikkokäsittelyllä pyritään pääasiassa tehostamaan saatua puhdistustulosta. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2009a, s. 80)

3.1 Puhdistettavat vesijakeet

Metallimalmikaivosten yleisimpiä puhdistettavia vesijakeita ovat louhinnasta aiheutuvat kaivosten kuivanapitovedet, rikastusprosessien kontaminoimat prosessivedet sekä läjitys- ja varastointialueiden suoto- ja valumavedet. Lisäksi kaivosalueiden saniteettivedet sekä alueelle saapuneet, mahdollisesti saastuneet sade- ja valumavedet vaativat käsittelyä ennen kuin ne voidaan johtaa takaisin luontoon. (Kauppila ym. 2011, s. 35 & 74)

Metallimalmikaivostoiminnan tyypillisimmät vesiin liittyvät haitta-aineet ovat metalleja, puolimetalleja, suoloja, ravinteita ja orgaanisia yhdisteitä. Kupari, nikkeli, sinkki ja rauta ovat tyypillisimmät metallit, joita puhdistettavista jätevesistä tarkkaillaan. Nämä ovat myös metalleja, joita esiintyy jokaisen kosteikkokäsittelyä vesienkäsittelyssään hyödyntävän kaivoksen louhittavassa malmassa. Metalleja kertyy jätevesiin useista eri lähteistä. Alueelta puhdistettavien louhos- ja valumavesien kohonneet metallipitoisuudet johtuvat kaivosalueen maa- ja kallioperän laadusta. Prosessijätevesien metallijäämät ovat peräisin rikastusprosesseista. (Kauppila ym. 2011, s. 103; Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a, s. 33)

Suoloja, kuten sulfaattia esiintyy pääosin kaivosten avolouhosten kuivanapitovesissä. Sulfaatit ovat peräisin louhittavasta malmista. (Pohjois-Pohjanmaan aluehallintovirasto 2013b, s. 50) Sulfaattikuorman määrää lisää usein myös erilaiset rikastusprosesseissa käytettävät kemikaalit sekä rikkihappo, jota käytetään nostamaan veden pH-arvoa

metallien saostumisen parantamiseksi (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a, s. 21, 32–34). Sulfaatin puhdistaminen kaivosvesistä on erittäin tärkeää, sillä ympäröivään luontoon päästessään sulfaattipitoiset vedet happamoittavat vesiä. Tästä aiheutuu ongelmia esimerkiksi vesieliöille sekä vesien talous- ja virkistyskäytölle. Sulfaattipitoiset rikastuskemikaalit aiheuttavat lisäksi ravinnekuormitusta. (Kauppila ym. 2011, s. 87)

3.2 Kosteikon tehokkuuteen vaikuttavat tekijät

Käsiteltävien vesien haitta-aineiden kemialliset ominaisuudet ja pitoisuudet, ilmasto, pintavalutuskentän maaperän koostumus ja sen ominaisuudet, pohjavesiolosuhteet sekä alueen kasvillisuus vaikuttavat kosteikon suunnitteluun. Kosteikon kokoon vaikuttaa esimerkiksi sen sisään virtaavan veden määrä ja veden sisältämät haitta-ainepitoisuudet. Mitä suurempi alueelle virtaavan veden määrä on ja mitä suuremmat veden sisältämät haitta-ainepitoisuudet ovat, sitä laajempi alue kosteikkokäsittelyyn tarvitaan. Kun kosteikon koko on tarpeeksi suuri, veden virtausnopeus ei kasva liikaa ja veden viipymä alueella saadaan maksimoitua. Pitkän viipymäajan ansiosta veden kontakti maaperän kanssa lisääntyy, jolloin esimerkiksi metallisulfidien saostuminen on mahdollista. (Räisänen 2004)

3.2.1 Puhdistettavan veden määrä

Kaivosalueelle tulevan veden määrä koostuu alueelle otetusta raakavedestä sekä alueelle tulevasta sadannasta, jota ei voida sen mahdollisen kontaminoitumisen takia johtaa suoraan sellaisenaan takaisin luontoon. Kaivosalueelle tulevan veden määrä, kaivoksen oma sisäisen kiertoveden tarve ja alueella tapahtuva haihdunta säätelevät alueelta kosteikkokäsittelyyn johdettavan veden määrää. Mikäli poisjohdettavan veden määrä tai sen koostumus ei toteuta kaivoksen ympäristöluvan sille asettamia ehtoja, ylijäämävedet varastoidaan yleensä kaivosalueelle odottamaan niiden poisjohtamista tai käsittelyä seuraavina vuosina. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b, s. 80)

Ensisijaisesti kaivoksilla pyritään mahdollisimman pitkälle suljettuun vesikiertoon. Suomessa tämä on kuitenkin mahdotonta, sillä haihduntaa suurempi sadanta lisää kaivosalueella muodostuvien vesien määrää. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2009a, s. 97) Lisäksi osa vedestä täytyy poistaa kaivosten vesikierrosta, sillä esimerkiksi eri ionien pitoisuuksien kohoamisen seurauksena pumppuihin ja putkistoihin muodostuu kipsiä, ja tiettyjen metallien kyllästymisen vedessä voi vaikeuttaa itse rikastusprosessia

kaivoksella. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007b s. 37; Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 35).

Usein pintavalutuskentiltä ulosjohdettavan veden määrä on suurempi, kuin itse pintavalutuskentälle johdettavan veden määrä. Tämä on seurausta kosteikkoalueille saapuneista puhtaista sade-, sulanta- ja pohjavesistä. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a, s. 32) Kosteikkoalueille päätyvien ulkopuolisten ympärysviesien suuruutta on pyritty pienentämään esimerkiksi pintavalutuskenttää ympäröivien ympärysojien avulla (Pohjois-Suomen ympäristölupakeskus 2007b, s. 39).

3.2.2 Mahdolliset häiriötilanteet

Pintavalutuskenttien toimintaan luotetaan pääasiassa aikoina, jolloin kylmät olosuhteet ja veden liian voimakas virtaus ja määrä eivät häiritse metallien pidättymistä kosteikoilla. Kevättulvien sekä voimakkaiden vesisateiden aikaan veden liian voimakas virtaus lyhentää veden viipymäaika pintavalutuskentällä, jolloin puhdistettavat haitta-aineet eivät ehdi pidettyä maaperään. (Räisänen 2004) Talvella pintavalutuskentät ovat todennäköisesti jäässä, jolloin lämpötilat kosteikon läpäisevässä vedessä ovat liian matalat tehokkaalle biologiselle käsittelylle. Tällöin esimerkiksi kosteikon typenpoistoteho kärsii. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2009a, s. 53 & 68)

4 KATSAUS KOSTEIKKOKÄSITTELYÄ KÄYTTÄVISTÄ KAIVOKSISTA SUOMESSA

4.1 Kosteikkokäsittelyn yleisyys

Vuonna 2015 Suomessa toimi kymmenen metallimalmikaivosta (Tukes, 2016). Ympäristölupien perusteella tehdyn kartoituksen mukaan näistä kaivoksista neljällä oli käytössä jonkinlainen kosteikkokäsittely osana omaa vesienkäsittelyään. Tämän katsauksen tarkoituksena on käydä läpi kosteikkokäsittelyä toiminnassaan käyttävät metallimalmikaivokset Suomessa. Tarkoituksena on myös tarkastella kunkin kaivoksen pintavalutus- ja kosteikkokenttien toimintaa ja niiden ominaispiirteitä.

4.2 Kevitsan kaivos

Kevitsan kaivos sijaitsee Sodankylässä, 35 kilometrin päässä kuntakeskuksesta. Alueelta louhitaan nikkeliä, kuparia, kultaa, platinaa ja palladiumia. Kaivoksen toiminta aloitettiin kesällä 2012 ja sen toiminta-ajaksi on arvioitu 19 vuotta. Kaivosalueella sijaitsee yksi pintavalutuskenttä (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2009a, s. 5, 9 & 80; Pohjois-Suomen aluehallintavirasto 2013a, s. 7).

Kevitsan kaivoksella puhdistettavia jätevesiä syntyy rikastusprosessista, kaivoksen kuivatusvesistä, saniteettivesistä sekä läjitys- ja toiminta-alueiden suoto- ja valumavesistä. Kaivoksen toiminnassa muodostuneet laadultaan heikentyneet vedet kerätään vesivarastoaltaaseen, jossa jätevesiä puhdistetaan esimerkiksi kemiallisen saostuksen avulla. Vesivarastoaltaasta vedet kierrätetään uudelleen joko kaivoksen raakavedeksi tai ne käsitellään ja johdetaan pintavalutuskentälle. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2009a, s. 21–22; Pohjois-Suomen aluehallintavirasto 2013a, s. 15; Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a, s. 31). Pintavalutuskentän koko on 15 hehtaaria ja sen on arvioitu olevan toimintakelpoinen yli kymmenen vuotta. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a, s. 32)

4.3 Pyhäsalmen kaivos

Pyhäsalmen kaivos sijaitsee Pyhäjärven kaupungissa, neljän kilometrin päässä kaupungin keskustasta. Kaivokselta louhitaan sinkki-kupari-rautamalmia, josta jalostetaan kupari-,

sinkki- ja pyriittirikastetta. Kaivos on aloittanut toimintansa vuonna 1962 ja kaivoksen toiminta-ajan on arvioitu ulottuvan vuoteen 2019 asti. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007a, s. 5-7) Kaivoksella sijaitsee yksi rakennettu pintavalutuskenttä (Hänninen 2012, Pöngän 2013, s. 38 mukaan).

4.3.1 Suotovesien puhdistus

Pintavalutuskenttä on rakennettu puhdistamaan passiivisesti kaivoksen rikastushiekka-alueen suotovesistä se osa, joka kulkeutuu rikastushiekka-alueen ympärysojan alitse välikerrosvaluntana metsämaahan (Pohjois-Suomen aluehallintavirasto 2010, s. 4-6). Suotovesillä tarkoitetaan tässä tapauksessa rikastushiekka-aitaiden rakenteiden läpi suotautuvaa vettä, joka voi kulkeutua rikastushiekka-aitaiden ympäröivän alueen pinta- tai pohjavesiin. Suotovesi voi sisältää esimerkiksi maaperää happamoittavia ominaisuuksia, jonka takia on tarvittu suojarakenteita suotovesien haitallisen kulkeutumisen estämiseksi. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b, s. 76–77)

Suojarakenteeksi Pyhäsalmen kaivoksella on valittu pintavalutuskenttä, jonka avulla maan neutralointikykyä on pyritty lisäämään alueilla, joissa suotovettä on päässyt kulkeutumaan ympäröivään luontoon. Maaperän neutralointikyvyn lisääminen on tehty peittämällä valmiiksi happamoitunut maa-alue ja metsäojia teräskuonalla ja moreenilla tai turpeella. Teräskuona toimii neutraloivana kerroksena ja humuspitoinen moreeni tai turve toimii kasvualustana muodostuvalle kosteikolle. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2010, s. 5-8)

Metsäojien peiton tarkoituksena on luoda tulvaniittymäinen kosteikko. Turve ja alueelle ajan kuluessa levittyvät kosteikkokasvit muodostavat pelkistävät olosuhteet vapautuvien suotovesien passiiviselle puhdistukselle. Samalla kosteikko ehkäisee suotovesien aiheuttamaa pinta- ja tulvavesien pilaantumista. Rakennetun pintavalutuskentän tarkoituksena on vähentää suotautuvien vesien haitallisia vaikutuksia ympäristöön. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2010, s. 6 & 9)

4.4 Suurkuusikon kaivos

Suurkuusikon kaivos sijaitsee Kittilässä, noin 35 kilometrin päässä kuntakeskuksesta. Kaivokselta louhitaan kultamalmia, josta tuotetaan vaahdotuksen ja kemiallisen prosessin avulla metallista kultaa. Kaivokselta louhitaan kultamalmia noin 1,1 miljoonaa tonnia

vuosittain, josta jalostetaan noin 5000 kg kultaa vuodessa. Kaivoksen toiminta on aloitettu vuonna 2008 ja sen toiminta-ajan on arvioitu kestävän vuoteen 2044 saakka. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 6 & 19)

Kittilän kaivoksella on käytössä neljä luonnontilaista pintavalutuskenttää. Kaikki kaivokselta ulos johdettavat prosessijätevedet, avolouhoksen ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovedet sekä alueelta kerättävät puhtaat pintavedet johdetaan vesistöön pintavalutuskenttien kautta. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 33–34)

Ennen kaivoksen kuivanapitovesien johtamista pintavalutuskentille 1 ja 3, veden kiintoaine laskeutetaan selkeytysaltaassa. Kierrosta poistuvat prosessijätevedet johdetaan pintavalutuskentälle 4 neutraloinnin ja metallien saostamisen jälkeen. Pintavalutuskentälle 2 johdettavat vedet ovat alueen puhtaita pintavesiä, kuten sadevesiä. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 33–34)

4.5 Talvivaaran kaivos

Talvivaaran kaivos toimii Sotkamon ja Kajaanin alueella. Kaivos sijaitsee 23 kilometrin päässä Sotkamon keskustasta. Alueen monimetallisista malmiesiintymistä, Kuusilammesta ja Kolmisopista, tuotetaan muun muassa nikkeliä, kuparia, kobolttia, sinkkiä ja uraania sisältäviä rikasteita. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b, s. 7; Talvivaara 2009). Kaivoksen toiminta aloitettiin keväällä 2003 ja alkuperäisen toiminta-arvion mukaan malmivarantoja riittää vuoteen 2032 asti. Uusimman arvion mukaan louhittavaa malmia tulisi riittämään kuitenkin huomattavasti pidempään. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b, s. 7 & 16)

4.5.1 Jälkikäsittely-yksiköt

Talvivaaran kaivosalueella sijaitsee kaksi pintavalutuskenttää, jotka toimivat osana prosessivesien jälkikäsittely-yksikköjä. Jälkikäsittely-yksikköjen tarkoituksena on poistaa vedestä jäännöskiintoainetta luonnonomaisessa selkeytysaltaassa tapahtuvan jälkiselkeytyksen ja sitä seuraavan kosteikkokäsittelyn avulla. Vesistä puhdistettava kiintoaines laskeutuu sakaksi puhdistusaltaiden pohjalle. Talvivaaran kaivosalueella toimivat kaksi jälkikäsittely-yksikköä koostuvat ojitetuista suoalueista sekä pienistä, laajennetuista lammista. (Pohjois-Suomen ympäristölupakeskus 2007b, s. 37–40; Talvivaara Mining Company Plc 2013, s. 21).

Jälkikäsittely-yksiköt muodostuvat selkeytysaltaista sekä niiden välissä ja alapuolella olevista suoalueista. Jälkikäsittely-yksikköjen toiminnassa vesi johdetaan aina ylivuoto na ensimmäiseltä altaalta seuraavalle. Ylivuoto, eli vesien tulvittaminen, tapahtuu jälkikäsittely-yksikköjen tapauksessa pintavalutuskenttänä toimivien padottujen, kosteikkoisten ja heinikkoisten suoalueiden yli. (Hamari ym. 2012, s. 10; Pohjois-Suomen ympäristölupakeskus 2007b, s. 38–40)

5 KOSTEIKKOKÄSITTELYN VELVOITETARKKAILU

5.1 Kaivosten tarkkailuvelvoitteet

Velvoitetarkkailu on oleellinen osa kaivosten toimintaa. Kaivosten velvoitetarkkailun kohteena ovat vesi-, ilma-, melu- ja värinääpäästöt sekä jätevirtojen määrän ja laadun tarkkailu. Vesijakeiden velvoitetarkkailun piiriin kuuluvat kaikki kaivosalueella olevat vesitaseet, kuten prosessivedet, louhoksen kuivanapitovedet sekä läjitys- ja varastointialueiden suoto- ja valumavedet. (Kauppila ym. 2011, s. 143)

Metallimalmikaivosten ympäristöluvut ovat velvoittaneet jokaisen kosteikkokäsittelyä toiminnassaan käyttävän kaivoksen suorittamaan velvoitetarkkailua, jossa seurataan pintavalutuskentälle saapuvan tai sieltä ulos johdettavan veden eri parametreja ja niiden arvoja. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007a & Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, 2014a & 2014 b) Velvoitetarkkailussa mitattavat parametrit ja näytteenottoaajuudet vaihtelevat kaivosten välillä (Taulukko 1).

5.1.1 Määritettävät parametrit

Velvoitetarkkailtavia parametreja asetettaessa on otettu huomioon kaivoskohtaisesti toiminnan luonne sekä paikalliset olosuhteet (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a, s. 224). Lisäksi esimerkiksi eri kaivoksilta saatuja vertailutietoja kaivostoiminnassa syntyneiden jätevesien laadusta on hyödynnetty lupamääräyksiä laadittaessa (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 46). Jokaisen kaivoksen luontoon johdettavassa jätevedessä esiintyy esimerkiksi eri metallien, kuten kuparin (Cu), nikkelin (Ni), mangaanin (Mn) ja raudan (Fe), sekä sulfaatin (SO_4) kohonneita pitoisuuksia, joiden arvoja on tarkkailtava. Lisäksi jokaisen kaivoksen jätevesistä on määritettävä elohopean (Hg) sekä kadmiumin (Cd) pitoisuudet. (Taulukko 1) Ympäristölupamääräysten mukaan metallimalmikaivoksilla häiriötilanteissa pilaantumisen vaaraa alapuoliselle vesistölle aiheuttavat aineet ovat tarkkailutietojen mukaan samat. Tästä johtuen kaivoksilla velvoitetarkkailtavat metalli- ja kuormiteparametrit ovat pitkälti yhteneväisiä (Taulukko 1).

Kuitenkin myös kaivoskohtaisia poikkeavuuksia löytyy. Louhittavan malmin ominaisuudet sekä kaivoksella käytettävät rikastus- ja käsittelymenetelmät voivat luoda eroavaisuuksia kohonneiden, ja näin tarkkailtavien kuormiteparametrien välille. Kloorin

(Cl), hapen (O₂), kaliumin (K), kalsiumin (Ca), natriumin (Na), alumiinin (Al), magnesiumin (Mg) ja antimonin (Sb) määrää sekä typen (N), fosforin (P), uraanin (U) ja syanidien (CN) kokonaispitoisuuksia on seurattava vain tietyillä kaivoksilla. Esimerkiksi arseenipitoisuuksia (As) on tarkkailtava vain Suurkuusikon kaivoksella Kittilässä, sillä Suurkuusikon kaivoksen jätevesien on havaittu sisältävän arseenin kohonneita pitoisuuksia, kulloinkin kaivoksella louhittavan malmin ominaisuuksista riippuen. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 46 & 50)

Kiintoainepitoisuuden, pH:n, kaivoskohtaisten metallipitoisuuksien sekä vesinäytteiden sulfaattipitoisuuksien lisäksi useimpien kaivosten vesinäytteistä on analysoitava esimerkiksi veteen liuenneiden suolojen määrää kuvaava sähkönjohtokyky vähintään kuukausittain. Lisäksi redox-arvo, eli veden hapetus-pelkistyspotentiaali, sekä alkaliniteetti, eli veden kyky neutraloida happoja, tulee mitata säännöllisesti useilla kaivoksilla. Kevitsan kaivoksella ammoniumtyppi (NH₄-N), kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}), nitraatti- ja nitriittityppi (NO₂₊₃-N), fosfaattifosfori (PO₄-P), orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) ja liuenneen orgaanisen hiilen kokonaismäärä (DOC) tulee analysoida viikoittain. (Taulukko 1) (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a)

Taulukko 1. Velvoitetarkkailtavat parametrit Suomen metallimalmikaivoksilla.

Tarkkailun kohde	Näytteenottoaika	Näytteenottoaajuus	Määrittäykset
Kevitsan kaivos	PVK:lle johdettava	Päivittäin	kiintoaine, pH, Cu, Ni, SO ₄ , kok. N, lämpötila, sähkönjohtokyky, virtaama
		Viikoittain	Mn, Fe, SO ₄ , Cl, O ₂ , Sb, NH ₄ -N, redox, alkaliniteetti, COD _{Mn} , NO ₂₊₃ -N, PO ₄ -P, K, Ca, Na, Mg, TOC, DOC, saostuskemikaalien jäämät, öljyvedyt
	PVK:lta poistuva	Viikoittain	Samat kuin johdettavalle + muut mikäli esiintyy pvk:lle johdettavan veden näytteissä, Hg, Cd
Pyhäsalmen kaivos	PVK:n pohjavesiputket	Vuosittain	pH, Cu, Mn, Fe, Zn, SO ₄ , O ₂ , vedenpinnan korkeus, alkaliniteetti, sähkönjohtokyky, redox

	Metsäojien suut, peittämättömät metsäojat	Kaksi kertaa vuodessa	Metallikuormitus, virtaama
Talvivaaran kaivos	PVK	Kolme kertaa päivässä	kiintoaine, pH, Cu, Ni, Mn, Fe, Zn, SO ₄ , U, Hg, Cd
	PVK:lta poistuva	Päivittäin	kiintoaine, pH, Cu, Ni, Mn, Fe, Zn, SO ₄ , U, Hg, Cd, virtaama
Suurkuusikon kaivos	PVK 4 ja 1 johdettava vesi	Jatkuvatoiminen	kiintoaine, pH, virtaama,
	PVK 4:lle johdettava vesi	Viikoittain	kiintoaine, pH, Ni, As, Sb, kok. CN, virtaama
		Kuukausittain	Cu, Ni, Mn, Fe, Zn, SO ₄ , Cl, Al, O ₂ , NH ₄ -N, kok. N, kok. CN, kok. P, lämpötila, sähkönjohtokyky, sameus, Hg, Cd
	PVK 4:lta poistuva	Kuukausittain	kiintoaine, pH, Cu, Ni, Mn, Fe, Zn, SO ₄ , Cl, Al, O ₂ , As, Sb, NH ₄ -N, kok. P, kok. N, virtaama, lämpötila, sähkönjohtokyky, sameus
	PVK 3 & 1 johdettava ja poistuva vesi	Kuukausittain	kiintoaine, pH, Cu, Ni, Mn, Fe, Zn, SO ₄ , Cl, Al, As, Sb, NH ₄ -N, kok. N, kok. P, sähkönjohtokyky, sameus, Hg, Cd

5.2 Velvoitetarkkailumääräysten analysointi

5.2.1 Samankaltaisuudet kaivosten velvoitetarkkailussa

Eri kaivosten tarkkailuveloitteet sisältävät paljon yhdenmukaisia piirteitä (Taulukko 1). Jokaisen kaivoksen pintavalutuskenttien vesinäytteistä tulee velvoitetarkkailumääräysten mukaan määrittää vähintään kiintoainepitoisuus, pH, kaivoskohtaiset metallipitoisuudet sekä vesinäytteiden sulfaattipitoisuus. Koska pintavalutuskenttien toiminnan pääasiallisena tavoitteena on tehostaa kaivosten jätevesien puhdistustulosta kiintoaineiden osalta, on näytteiden kiintoainepitoisuuksien tarkkailu olennaista (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a, s. 202). Vesinäytteiden kiintoainepitoisuus on

velvoitettu määrittämään jokaisen kaivoksen pintavalutuskentälle johdettavasta sekä sieltä poistettavasta vedestä (Taulukko 1). Tällä tavoin saadaan varmuus siitä, pidättykö pintavalutuskentälle tarpeeksi kiintoainetta eli onko pintavalutuskentän puhdistustehokkuus kiintoaineiden osalta riittävä vai ei.

Jokaisella pintavalutuskentällä tarkkaillaan myös kentän pH-arvoa (Taulukko 1). Ympäristöluvut vaativat tarkkailemaan pintavalutuskentille johdettavan ja sieltä poistuvan veden pH-arvoa, sillä oikea arvo suojaa pintavalutuskentän biologista tilaa mahdollistaen esimerkiksi ravinteiden oikeaoppisen poistumisen pintavalutuskentällä (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2009a, s. 98). Oikean pH-arvon avulla metallit saostuvat helpommin, jolloin ne myös pidättyvät kosteikkoon paremmin (Hamari ym. 2012, s. 32; Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 82).

Jokaisen kaivoksen pintavalutuskentän veloitettarkkailuun kuuluu myös elohopean ja kadmiumin pitoisuuksien määrittäminen (Taulukko 1). Tämä johtuu siitä, että valtioneuvos on asetuksessaan vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) velvoittanut toiminnanharjoittajan tarkkailemaan pintavettä, johon päästetään tai johon huuhtoutuu asetuksen määrittämiä vesiympäristölle haitallisia aineita. Kaivostoiminnassa tarkkailtavat aineet ovat elohopea ja kadmium. Asetuksen tarkoituksena on suojella pintavesiä ja samalla parantaa niiden laatua ehkäisemällä vaarallisista ja haitallisista aineista aiheutuvaa vesistön pilaantumista tai sen vaaraa. (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006)

5.2.2 Näytteenottotaajuudet

Näytteenottotaajuudet eroavat eri kaivoksilla. Esimerkiksi Talvivaaran kaivoksen pintavalutuskenttien tilaa tarkkaillaan kolme kertaa päivässä ja pintavalutuskentiltä luontoon ohjattavan veden laatua tarkkaillaan päivittäin. Näytteistä määritetään kiintoaine-, pH- ja sulfaattiarvot sekä kaivoksen jätevesissä koholla olevien metallipitoisuuksien suuruudet. (Taulukko 1) Talvivaaran kaivoksella tapahtui vuonna 2012 kipsisakka-altaan vuoto, jonka seurauksena alueen jälkikäsitteilyalueille valui ylimäärin metalli- ja sulfaattipäästöistä vettä. Vuodon seurauksena kaivosalueen alapuoliset vedet happamoituiivat. (Talvivaara ym. s. 36–38) Vastaavien ongelmatilanteiden välttämiseksi pintavalutuskentän tilaa tarkkaillaan useita kertoja päivässä. Mikäli vesinäytteiden arvoissa havaitaan jotain poikkeavaa, voidaan toimenpiteet mahdollisen häiriön paikantamiseksi aloittaa välittömästi.

Pyhäsalmen kaivoksen pintavalutuskentän tilaa tarkkaillaan vain vuosittain (Taulukko 1). Harvoin tehtävä velvoitetarkkailu johtuu siitä, että pintavalutuskenttää ei käytetä alueen jätevesien purkuyksikkönä. Pyhäsalmen kaivoksen pintavalutuskentän velvoitetarkkailun tarkoituksena on saada varmuus pintavalutuskentän kunnollisesta toiminnasta eli siitä, onko ympäristöön leviävän suotoveden laatu riittävä. Velvoitetarkkailua on jatkettava niin pitkään, että pintavalutuskentän vaikutus suotoveden laatuun voidaan varmentaa. Pyhäsalmen kaivokselle määrätyt velvoitetarkkailumääräykset eivät ole voimassa kaivoksen toiminnan loppuun asti, toisin kuin muiden kaivosten tarkkailumääräykset, mikäli niihin ei tule muutoksia kaivoksen toiminnan aikana. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2010, s. 9)

5.3 Raja-arvot ulosjohdettaville vesille

Ympäristölupamääräyksissä on asetettu raja-arvot, joita pintavalutuskentiltä luontoon johdettava vesi ei saa ylittää (Taulukko 2). Ympäristölupien kosteikoille saapuvalle ja sieltä pois johdettavalle vedelle asetetuilla raja-arvoilla ja vuosittaisilla enimmäispäästömäärillä on haluttu taata se, ettei kosteikon alapuolisessa vesistössä aiheudu huomattavaa pilaantumista kaivostoiminnasta johtuen. Raja-arvojen tarkoituksena on varmistaa tarpeeksi tehokkaiden vesiensuojelumenetelmien käyttö ja aktiivinen vesien puhdistustoiminnan valvonta. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007b, s. 160)

Huomioon on otettava se, että Kevitsan ja Suurkuusikon kaivosten raja-arvot on määrätty pintavalutuskentälle johdettavalle vedelle. Nämä raja-arvot ovat kuitenkin samat, jotka pintavalutuskentiltä luontoon johdettavan veden on täytettävä. Pyhäsalmen kaivoksen pintavalutuskentän vesijakeille ei ole annettu raja-arvoja, sillä pintavalutuskenttä ei ole kaivoksen jätevesien purkuyksikkö (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007a, s. 14).

Taulukko 2. Ympäristölupien määrämät pitoisuus- ja raja-arvot luontoon johdettavalle vedelle.

Parametri		Kevitsa	Talvivaara	Suurkuusikko
Kiintoaine	Virtaamapainotteinen vuosikeskiarvo	10 mg l ⁻¹	20 mg l ⁻¹	10 mg l ⁻¹
pH	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo		alle 10	alle 10
	Jatkuva	6-9,5	alle 10,5	alle 10,5
Cu	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo	0,1 mg l ⁻¹	0,3 mg l ⁻¹	
	Yksittäinen otos	0,3 mg l ⁻¹	1,0 mg l ⁻¹	
	Vuosittainen kokonaiskuormitus	200 kg		
Ni	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo	0,3 mg l ⁻¹	0,3 mg l ⁻¹	0,3 mg l ⁻¹
	Yksittäinen otos	0,75 mg l ⁻¹	1,0 mg l ⁻¹	0,8 mg l ⁻¹
	Vuosittainen kokonaiskuormitus	650 kg		
Zn	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo		0,5 mg l ⁻¹	
	Yksittäinen otos		1,0 mg l ⁻¹	
Fe	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo		4,0 mg l ⁻¹	
Mn	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo		6,0 mg l ⁻¹	
SO₄	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo	2000 mg l ⁻¹	6000 mg l ⁻¹	2000 mg l ⁻¹
U	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo		0,01 mg l ⁻¹	

As	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo			0,5 mg l ⁻¹
	Yksittäinen otos			1,0 mg l ⁻¹
Sb	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo			0,5 mg l ⁻¹
	Yksittäinen otos			0,8 mg l ⁻¹
Epäorgaaninen typpi	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo	14 mg l ⁻¹		30 mg l ⁻¹
Hg	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo	5,0 µg l ⁻¹	5,0 µg l ⁻¹	5,0 µg l ⁻¹
Cd	Virtaamapainotteinen kuukausikeskiarvo	10,0 µg l ⁻¹	10,0 µg l ⁻¹	10,0 µg l ⁻¹

5.3.1 Tarkkailtavat vesijakeet

Mikäli kaivokselta johdetaan vesiä luontoon kosteikkokäsittelyn kautta, tulee veden laatutarkkailuun liittyvät raja-arvot täyttyä yleensä jo ennen veden johtamista kosteikkokäsittelykentälle. Tämä johtuu siitä, että toiminnanharjoittaja ei kykene itse merkittävästi vaikuttamaan pintavalutuskentän puhdistustehokkuuteen ja sieltä poistuvan veden laatuun. Kun tarvittavat raja-arvot on määrätty ennen vesien johtoa pintavalutuskentälle, toiminnanharjoittaja kykenee tekemään toimenpiteitä, joilla saavutetaan halutut puhdistustulokset ja raja-arvot ympäristöön johdettavalle vedelle. Pintavalutuskentän tehostaessa jätevesien puhdistustulosta, luontoon johdettavan veden haitta-ainepitoisuuksien tulisi näin alittaa määritetyt raja-arvot helposti. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2009a, s. 98)

Tapauksissa, joissa pintavalutuskenttä toimii osana erilaisista vesien puhdistusmekanismeista koostuvaa jälkikäsittely-yksikköä riittää, että vain pintavalutuskentältä ulosjohdettava vesi täyttää ympäristölupamääräyksessä määrättyt raja- ja pitoisuusarvot. Esimerkiksi Talvivaaran kaivoksella pintavalutuskenttä toimii osana useista vesialtaista koostuvaa jälkikäsittely-yksikköä, jossa toiminnanharjoittaja pystyy vaikuttamaan yksikön puhdistustehokkuuteen. Mikäli esimerkiksi ulosjohdettava n

veden pH on liian alhainen ja metallipitoisuudet liian suuret, voidaan luonnontilaisten selkeytysaltaiden veteen syöttää kalkkimaitoa pH-arvon nostamiseksi ja näin metallien saostumisen parantamiseksi. Puhdistustuloksen parantamiseksi Talvivaaran jälkikäsitteily-yksiköissä on otettu käyttöön esimerkiksi takaisinpumppausjärjestelmä eri vesi- ja kosteikkoaltaiden välillä, jolloin veden viipymäaika ja puhdistustulosta on saatu pidennettyä jälkikäsitteilyalueilla. (Talvivaara Mining Company Plc 2013, s. 21; Pohjois-Suomen ympäristölupakeskus 2007b, s. 37–39; Hamari ym. 2012, s.32–33)

5.3.2 Perustelut raja-arvoille

Jätevesien haitta-ainepitoisuuksien raja-arvot on määritelty niin, että veden laimeneminen huomioon ottaen määrättyjen pitoisuuksien alittuessa jätevedet eivät aiheuta pitkäkestoisenkaan kuormituksen aikana haitallisia vaikutuksia alapuoliselle vesiekosysteemille. Tietolähteinä raja-arvojen määrittämisessä on hyödynnetty esimerkiksi talousveden laatuvaatimuksia, ympäristölupahakemusten sisältämiä arvioita metallien haitallisuuksista vesieläimille ja kaloille sekä Yhdysvaltojen ympäristösuojeluviraston ”National Recommended Water Quality Criteria”:n mukaisia metallien pitoisuuksia. Raja-arvot kiintoainepitoisuuksille ja pH-arvolle on asetettu tasolle, joilla ennakoarvioiden mukaan ei aiheudu haitallisia vaikutuksia alapuolisissa vesistöissä. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2009a, s. 98; Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007b, s. 160)

Mikäli ympäristölupien asettamia raja-arvoja noudatetaan, oikein käsiteltynä jätevedet eivät estä alapuolisen vesistön virkistyskäyttöä eikä kalojen hyödyntämistä ravintona. Raja-arvot niin kiintoaineele, pH:lle kuin päämetallipitoisuuksille ovat saavutettavissa parasta käyttökelpoista tekniikkaa käyttäen. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2009a, s. 98; Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007b, s. 160)

Jokaiselle kosteikkokäsittelyä jätevesien purkuyksikkönä käytävälle metallikaivokselle on määrätty raja-arvot koskien kiintoainepitoisuutta, pH:ta, päämetallipäästöjä, sulfaattipäästöjä sekä elohopean ja kadmiumin pitoisuuksia (Taulukko 2). Kyseisten parametrien tarkastelu on siis oleellista johdettaessa jätevesiä ulos kaivosten pintavalutuskentiltä.

5.4 Velvoitetarkkailun raportointi ja laadunvalvonta

Ympäristölupamääräysten edellyttämän velvoitetarkkailun tekee toiminnanharjoittajan palkkaama, viranomaisten hyväksymä, riippumaton laboratorio tai konsultti. Velvoitetarkkailun toteuttaja ottaa ja analysoi näytteet, sekä toimittaa saadut tulokset ympäristöluvan määräämille tahoille. Velvoitetarkkailun tulokset tulee toimittaa esimerkiksi alueen ELY-keskukselle ja kunnan ympäristönsuojelu- ja terveysnsuojeluviranomaiselle sekä itse toiminnanharjoittajalle. (Kauppila ym. 2011, s. 143; Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 136, Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013c, s. 169).

Velvoitetarkkailun mittaukset, näytteidenotto ja analyysit on suoritettava standardien tai muutoin viranomaisten hyväksymin menetelmin. Standardien tulee olla kansallisia tai kansainvälisesti hyväksytyjä standardeja, esimerkiksi CEN-, ISO- ja SFS-standardit hyväksytään. Velvoitetarkkailun raporteista tulee käydä ilmi käytetyt mittaus- ja laskentamenetelmät, tarkkailua koskevat epävarmuustekijät sekä arvio tulosten edustavuudesta. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2013b, s. 80; Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a, liite 2)

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda yleinen katsaus kosteikkokäsittelyn toiminnasta ja sen käytöstä Suomen metallimalmikaivoksilla. Lisäksi selvitettiin, millaista velvoitetarkkailua kaivosten kosteikkoalueilta vaaditaan. Velvoitetarkkailumääräysten osalta työn lähteenä käytettiin pääasiassa kaivoksille myönnettyjä julkisia ympäristölupia.

Kosteikkokäsittelyn tarkoituksena on poistaa käsittelykentälle johdettavasta vedestä kiintoainetta, metalleja ja ravinteita suotautumisen sekä erilaisten mekaanisten, kemiallisten ja mikrobiologisten reaktioiden avulla. Yleensä metallimalmikaivokset, jotka hyödyntävät kosteikkokäsittelyä toiminnassaan, johtavat kaikki kaivokselta ulosjohdettavat vesitaseet kosteikkokäsittelykenttien kautta luontoon. Kosteikkokäsittelyä ei kuitenkaan käytetä metallimalmikaivosten ensisijaisena vesienpuhdistusmenetelmänä, sillä toiminnanharjoittajan on vaikea hallinnoida tarkasti kentän toimintaa ja sen puhdistustehokkuutta. Kosteikkokäsittelyn tarkoituksena onkin lähinnä tehostaa jo saavutettua puhdistustulosta kaivokselta ulosjohdettavien vesien osalta.

Ympäristöluvat velvoittavat toiminnanharjoittajia suorittamaan velvoitetarkkailua kosteikkokäsittelykentillä. Selvityksen mukaan tarkkailu koskee pääasiassa kosteikkokäsittelykentille johdettavaa vettä, sillä verrattuna kosteikkokäsittelykentiltä luontoon johdettavaan veteen, itse kentälle johdettavan veden laatua on helpompi hallita. Yleisimmät velvoitetarkkailtavat parametrit ovat kentälle johdettavan veden pH, kiintoaine-, metalli- ja sulfaattipitoisuudet sekä vaaralliseksi luokiteltujen aineiden määrät. Näytteenottotaajuudet sekä esimerkiksi kunkin kaivoksen louhittavasta malmista johtuen koholla olevat metallipitoisuudet luovat kaivoskohtaisia eroja suoritettavalle velvoitetarkkailulle.

Velvoitetarkkailtaville parametreille on annettu raja-arvot, joita kosteikkokäsittelykentille johdettava vesi ei saa ylittää. Raja-arvojen tarkkailu kuuluu velvoitetarkkailun piiriin, ja vesiä saa johtaa luontoon kosteikkokäsittelykentiltä vain silloin, kun annetut raja-arvot alittuvat. Velvoitetarkkailua suorittavat viranomaisten sertifioimat konsultit tai laboratoriot, jotka toimittavat kansallisesti tai kansainvälisesti

hyväksytyjen standardien mukaan suoritettavat tarkkailu- ja mittaustulokset alueen ELY-keskuksille sekä etukäteen määrätyille viranomaisille.

Velvoitetarkkailu kuuluu oleellisena osana kaivosten toimintaan, sillä sen määräämät eri tarkkailtaville parametreille asetetut raja-arvot velvoittavat kaivokset käyttämään tarpeeksi tehokkaita vesienpuhdistusmenetelmiä, jotta kaivoksilta ulosjohdettavat vedet alittaisivat annetut raja-arvot. Toiminnanharjoittaja joutuu kiinnittämään huomiota jätevirtojen minimointiin koko tuotantoprosessin ajan ja toteuttamaan aktiivista toiminnan seuranta tuotantoprosessin alusta loppuun saakka. Suorittamalla velvoitetarkkailua ja tekemällä toimenpiteitä tarkkailun antamien tulosten mukaan, voidaan kaivostoimintaa harjoittaa saastuttamatta ja pilaamatta sitä ympäröivää luontoa ja ympäristöä.

7 LÄHDELUETTELO

Geologian tutkimuskeskus, 2002. Happamien, rauta- ja mangaanipitoisten kaivosympäristövesien puhdistaminen kosteikkokäsittelyllä [verkkodokumentti]. Kuopion yksikkö. Saatavissa: http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/s49_0000_1_2002.pdf [viitattu 20.7.2016]. 23 s.

Hamari S., Hietala J., Härmä T., Kempainen L., Lindfors J. & Savolainen M., 2012. Talvivaaran kaivoksen vesienhallinta sekä vesipäästöt ja niiden ympäristövaikutukset [verkkodokumentti]. Lapin vesitutkimus Oy. Saatavissa: http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/taydennysta%20kaivos/Lupamaaraysten_tarkistus_taydennys_31.5.2012_-_Liite_6_Vesienhallinta_ja_vesipaastot.pdf [viitattu 17.5.2016].

Hänninen, M., 2012. Ympäristögeologi, Pyhäsalmi Mine Oy. Re: Kositeikkokäsittelyn toiminnasta kaivoksella [sähköpostiviesti] Vastaanottaja: Taina Pönkä [Taina.Ponka@oulu.fi].

Ihme R., 1994. Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen julkaisuja 798. 140 s.

Karjalainen S.M. & Ronkanen A.K., 2005. Kosteikot Lakeuden keskuspuhdistamolta ja Rukan puhdistamolta tulevien vesien käsittelyssä: PRIMROSE-projektin (2001-2003) tulokset. Alueelliset ympäristöjulkaisut 401. 98 s.

Kauppila P., Räisänen M. L. & Myllyoja S., 2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, 213 s. ISBN 978-952-11-3941-3

Palmer K., Ronkanen A. K. & Klöve B., 2014. Retention of contaminants in northern natural peatlands treating mine waste waters. Geophysical Research Abstracts, 16.

Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto, 2009a. Kevitsan kaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden- ja toiminnan aloittamisluvat, Sodankylä. Lupapäätös Nro 46/09/1.

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2013a. Kevitsan kaivoksen käsiteltyjen ylitevesien johtaminen Vajukosken altaaseen vuonna 2014 ja toiminnanaloittamislupa, Sodankylä. Lupapäätös Nro 60/2013/1.

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2014a. Kevitsan kaivoksen tuotannon laajentamisen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden ja toiminnan aloittamislupa, Sodankylä. Lupapäätös Nro 79/2014/1.

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2013b. Kittilän kaivoksen toiminnan laajentaminen ja ympäristö- ja vesitalousluvan tarkistaminen, Kittilä. Lupapäätös Nro 72/2013/1.

Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto, 2007a. Pyhäsalmen kaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa, Pyhäjärvi. Lupapäätös Nro 85/07/02.

Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto, 2007b. Talvivaaran kaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa, Sotkamo ja Kajaani. Lupapäätös Nro 33/07/1.

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2013c. Talvivaaran kaivoksen ympäristöluvan muuttaminen koskien jätevesien varastointia, puhdistamista ja johtamista Oulujoen ja Vuoksen vesistöihin, Kajaani ja Sotkamo. Lupapäätös Nro 52/2013/1.

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2014b. Talvivaaran kaivoksen ympäristö- ja vesitalousluvan muuttaminen, Sotkamo ja Kajaani. Lupapäätös Nro 36/2014/1.

Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto, 2010. Toimenpiteet rikastushiekka-, pyriitti- ja selkeytysaltaiden patojen suotovesivaikutusten hallitsemiseksi, Pyhäjärvi. Lupapäätös Nro 36/10/1.

Pönkä, T., 2013. Turvekoisteikot kaivosvesien puhdistajina. Diplomityö. Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Oulu. 91 s.

Ronkanen A. K., 2009. Missä vesi suolla virtaa? Uutta pintavalutuksesta. Vesitalous 1/2009, S. 14-15.

Räisänen M. L., 2004. Kosteikot kaivosympäristön vesien puhdistajina. Geologi, 56 (2), S. 44-49.

Räisänen M.L., Lestinen P. & Kuivasaari T., 2001. The retention of metals and sulphur in a natural wetland – preliminary results of the old Otravaara pyrite mine, eastern Finland. In: Anonymous Proceeding from Security the Future – International Conference on Mining and the Environmental. Skellefteå, Sweden, volume 2, 662-670.

Silvan N., Vasander H. & Laine J., 2004. Vegetation is the main factor in nutrient retention in a constructed wetland buffer. *Plant and Soil* 258(1): 179-187.

Talvivaara, 2009. Toiminta, *Geologia* [verkkodokumentti]. Espoo: Talvivaara Mining Company Plc. Saatavissa: <http://www.talvivaara.com/toiminta/geologia> [viitattu 7.5.2016].

Talvivaara & Milton Oy. Talvivaara Kaivososakeyhtiö Oyj Vuosikertomus 2012 [verkkodokumentti]. Saatavissa: http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/AR%202012/Talvivaara_VSK_2012.pdf [viitattu 16.6.2016]. 156 s.

Talvivaara Mining Company Plc, 2013. Vesienkäsittelysuunnitelma [verkkodokumentti]. Talvivaara Mining Company Plc. Saatavissa: https://www.avi.fi/documents/10191/144035/Vesien+k%C3%A4sittelysuunnitelma_22012013.pdf/0112fc78-f844-4e73-a180-ab035063bd72 [viitattu 18.5.2016]. 8 s.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), 2016. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2015 [verkkodokumentti]. Helsinki: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/tilastot/VUORI2015.pdf> [viitattu 15.4.2016].

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. 2006. 2006/1022

Walton-Day, K., 1999. Geochemistry of the processes that attenuate acid mine drainage in wetlands. Teoksessa: G. S. Plumlee and M. J. Longsdon (toim.) *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits. Part A: Processes Techniques and Health Issues.* Society of Economic Geologists, *Reviews in Economic Geology*, Volume 6A, 215-228.