

26.4.2018

GTK/336/00.17/2017

Kainuun ELY-keskus
Kalliokatu 4
87100 Kajaani

LAUSUNTO SOTKAMO SILVER OY:N HOPEAKAIVOKSEN MATERIAALITEHOKKAAN ESIRIKASTUKSEN KÄYTTÖNOTON YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTISELOSTUKSESTA

Geologian tutkimuskeskus (GTK) kiittää saadessaan mahdollisuuden lausua Sotkamo Silver Oy:n hopeakaivoksen materiaalitehokkaan esirikastuksen käyttöönottoa koskevasta ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta. Lausunto koskee vain GTK:n asiantuntijoiden toimialaan kuuluvia osia YVA-selostuksesta (kaivannaisjäte, vesi- ja pölypäästöt).

TAUSTAA

Sotkamo Silver Oy on käynnistänyt arviointimenettelyn, jossa selvitetään Sotkamon Tipasojan Hopeakaivoksen louhintamäärän kasvattamisen ja uuden materiaalitehokkaan esirikastuksen käyttöönottamisen ympäristövaikutukset. Hankkeeseen sisältyvät avolouhinta, maanalaisen kaivoksen syventäminen, esirikastuksen käyttöönotto, sivukivialueen laajentaminen ja puhdistettujen ylijäämävesien vaihtoehtoiset purkureitit. Pohjos-Suomen aluehallintovirasto on myöntänyt Sotkamo Silver Oy:n Tipaksen Hopeakaivokselle ympäristö- ja vesitalousluvan sekä toiminnanaloittamis- ja töidenaloittamisluvan 16.4.2013. Lisäksi Sotkamo Silver Oy on toimittanut Kainuun ELY-keskukselle Hopeakaivoksen tarkkailusuunnitelman 30.9.2015.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn vaihtoehdot VE 0, VE 0+, VE 1a ja VE 1b

YVA-selostuksen sisällössä keskeisellä sijalla on kaivoksen puhdistettujen ylijäämävesien ympäristövaikutukset vaihtoehtoisten purkureittien vesistöjen tilaan. Toisena osana arvioinnissa on esirikastuksen ja louhintamäärän kasvattamisen ympäristövaikutukset. Sen sijaan selostuksessa ei esitetä vaihtoehtoisia kaivannaisjätteiden sijoituspaikkoja voimassa olevan kaivospiirin pienestä pinta-alasta johtuen. Tosin ehdotetaan sivukivien osittaista tai kokonaan (toiminnan loppuvaiheessa) sijoittamista maanalaiseen kaivokseen sekä

26.4.2018

rautasulfidipitoisen rikasteen (jos se muuttuu statukseltaan kaivannaisjätteeksi) sijoittamista stabiloituna maanalaiseen kaivokseen.

Vaihtoehtojen asettelua ja sisältökysymyksiä voidaan pitää hyvänä ja soveltuvana, koska kaivannaisjätteiden merkittävin ympäristöriski liittyy vesipäästöihin, jotka ovat keskeinen osa vaihtoehtotarkastelussa. Näiden lisäksi kaivannaisjätteiden maanpäällisten sijoituspaikkojen pölypäästöjen, sivukivien läjittämismelun ja jätealueiden maisemamuutosten ympäristövaikutukset on huomioitu selostuksessa. Sen sijaan maanalaisen kaivostäytön ympäristövaikutusten arviointi on jäänyt edellä mainittuja heikommaksi. Tämä puute voi selittyä osin sillä, ettei arviointiin ole ollut saatavilla soveltuvia ja luotettavia menetelmiä. Suomen oloissa ei ole tehty julkista tutkimusta kaivostäytön vaikutuksista kalliopohjaveden laatuun.

YLEISET KOMMENTIT

YVA-selostuksen sisältö on kattava ja teksti on kieliasultaan selkeää ja ytimekästä. Eri toimintojen kuvaukset ovat yleistasoltaan riittäviä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta (ks. seuraavat kappaleet). Hopeakaivoksen toiminta-alueita kuvaava kartta, päästöjen leviämiskartat (pöly, melu) ja erilaiset kaaviot helpottavat hahmottamaan eri toimintayksikköjen sijoittamista kaivospiirin alueelle ja toimintojen sisältöä (esim. malmin käsittely, malmin rikastus ja tuotteet, vesitase). YVA-ohjelmassa (kuva 8-2, s. 52) esitettyä kaivostoiminnan vaikutusala laajennettiin YVA-selostuksessa kattamaan Iso Tipasjärven ranta-alueet ja vesistövaikutusten osalta luoteeseen Sapsjärveen ja Iso Kiimaseen saakka (kuva 19-1, s. 178). Vaikutusalan koko ja laajennukset katsotaan olevan soveltuvia suhteutettuna päästöjen leviämisarvioihin (esim. vesipäästöt, pöly, melu), joita on kuvattu karttakuvina.

Jantusen et al. (2015) YVA-ohjeistus suosittaa kuvattavaksi eri toimintojen päästöt ja antaa mitattua tietoa päästöjen koostumuksesta sekä ohjeistaa, kuinka arvioida niiden sisältöä. Kaivannaisjätteiden ominaisuudet ja vesipäästöjen koostumus on kuvattu pääasiassa vain ympäristövaikutusten kannalta keskeisten tekijöiden osalta. Puutteita on erityyppisten sivukivijätteiden ominaisuuksien (ks. seuraava kappale) ja vesipäästöjen kemikaalijäämien kuvauksissa. Vesipäästöjen (sivukiven jätealueen, kuivatusvesien) räjähdysainekemikaalijäämistä mainitaan vain typpipitoisuudet, muttei esimerkiksi räjähdyksistä veteen liukenevia Na- ja Cl- pitoisuuksia. Rikastuskemikaalijäämistä on esitetty arviot vain sulfaattipitoisuuksille, muttei

26.4.2018

esim. Ca- (poltettu kalkki) ja Na- (ksantaatti, lipeä) pitoisuuksille, joilla on vaikutusta alapuolisen vesistön suolaantumisriskiin. Pöly- ja kaasupäästöjen koostumuksia ei ole kuvattu, vaikka arvioita päästöjen leviämisalueesta on tehty. Kaasupäästöistä on mainittu vain myrkyllisen rikkihiilen mahdollinen esiintyminen rikastuskemikaalin, ksantaatin hajoamistuotteena.

YKSITYISKOHTAISET KOMMENTIT

Kaivannaisjätteiden ominaisuudet, sijoittaminen ja ympäristövaikutusten arviointi

Rikastushiekka- ja sivukiven ominaisuuksien kuvaus on riittävä lukuun ottamatta sivukivien kivilajiluokittelua, esirikastuksessa syntyvän palakiven, marginaalimalmin ja maanpoistomaiden koostumuskuvausta (ks. kaivannaisjäteasetus 190/2013 liite 3). YVA-selostus kuvaa vain katto- ja jalkapuolen sivukivien mineralogian ja kemian, mutta sivukiviä ei ole luokiteltu geologisin perustein eri kivilajiluokkiin. Esitettyjen näytekostumusten mukaan sivukivet olisivat potentiaalisesti happoa tuottavia ($NP/AP < 3$) ja osa niistä sisältäisi PIMA-kynnysarvot (Vna 214/2007, Liite1) ylittäviä, mutta teollisuusalueille sovellettavia ylimpiä ohjearvoja alittavia, haitallisena pidettävien metallien ja/tai metalloidien pitoisuuksia. Vastaavat tiedot puuttuvat esirikastuksesta erotettavasta, sivukiveksi luokitellusta 70 mm palakivestä ja marginaalimalmikivestä. Tietojen puuttumisesta herää kysymyksiä: Onko marginaalikiven koostumus sama kuin esirikastuksen sivukiveksi luokitellun palakiven koostumus ja vastaako niiden koostumus katto- ja jalkapuolen sivukivien keskiarvokoostumusta? Minkä koostumuksen omaavaa sivukiveä hyötykäytetään maanrakentamisessa? Annettujen tietojen mukaan sivukivet eivät kuitenkaan soveltuisi maarakentamiseen. Tekstin mukaan, jos sivukivet eivät sovellu maarakentamiseen, louhitaan erikseen tarvekiveä, jonka koostumusta ei kuitenkaan esitetä. Mikäli tarvekiven louhintaan päädytään, mihin louhos sijoittuisi ja tuleeko louhittavalle kivelle erillinen murskaamo ja välivarasto, joista molemmista voi muodostua päästöjä? Nämä tiedot puuttuvat YVA-selostuksesta ja niiltä osin sivukiven varastoinnin ja hyötykäytön mahdolliset ympäristövaikutukset on arvioitu puutteellisesti.

Maanpoistomaiden koostumustietoja ei ole esitetty taulukkotietona tai liitetietona. Tekstissä on vain kuvaus niiden haitattomuudesta, mutta tätä menettelyä ei voida pitää riittävänä ja luotettavana. Puute heikentää arviointia esim. kaivosalueen moreenin soveltuvuudesta patomateriaaliksi kuten tekstissä esitetään.

26.4.2018

Kaivannaisjätealueet sijoitetaan suurimmaksi osaksi luonnon suoalueille, missä pohjarakenteen muodostaisi jätemassan alla tiivistyvä turve ja/tai tiivistetty turve suon reuna-alueilla. Sivukiven jätealueet ympäröidään ojalla, joka toimii suotovesien kerääjänä ja tiivis pohjarakenne estää valumavesien pystysuoran suotautumisen pohjavesiin. Happoa tuottavalle kivelle esitettyä tiivistä pohjarakennetta ja valumavesien hallintaa voidaan pitää soveltuvina. Kaivoksen sulkemisen jälkeen osa sivukiven jätealueesta jäisi mahdollisesti maisemoitavaksi kaivosalueelle tai kaikki sivukivi siirrettäisiin maanalaiseen kaivokseen, jolloin jätealueen pohja kunnostettaisiin päästöiltään haitattomaksi. Louhostiloihin sijoittamista suositellaan toteutettavaksi jo ennen sivukiven kemiallista muutuntaa, mikäli valtaosa sivukivestä on happoa tuottavaa kuten sivukivinäytteistä tehdyt analyysit osoittavat.

Myös rikastushiekka sijoitettaisiin suolle, missä tiivistyvä turve tai tiivistettävä turve muodostaisi vettä läpäisemättömän pohjarakenteen. Toimintakuvauksen (s. 18) mukaan rikastushiekka-altaan vesipinnan säätely toteutettaisiin pumppaamalla vesi altaan keskiosasta (dekanterikaivosta?) selkeytsaltaalle. Kaivannaisjätealueiden päästöjen hallinta -tekstiosassa (s.19) kuvataan, että rikastushiekka-altaan padot toteutetaan siten, että suotovedet kerätään padon kuivalta puolelta ojiin ja johdetaan puhdistukseen tai palautetaan kaivoksen prosessiin. Patokuvauksessa on esitetty rikastushiekka-altaan padon märkäpuoli rakennettavaksi tiivispatona kuten vesistöpadot. Ovatko nämä vaihtoehtoisia rikastushiekan jätealueen vesien hallintaratkaisuja? Rikastushiekan jätealueen pohjavesivaikutuksia esitetyille veden hallintaratkaisuille ei ole käsitelty lainkaan. Ainoastaan on todettu, että jätealueista lähinnä sivukiven jätealueella voisi olla vähän pohjavesivaikutuksia vaihtoehtoissa VE 1a-b.

Mikäli rikastushiekka-altaan moreenipatojen märkäpuoli rakennettaisiin tiivisrakenteiseksi, vaatisi se huolellista padon märkäpuolen bentoniitti-HDPE-kalvoyhdistelmän alaosan liitääntä altaan pohjan turveosaan, jottei liitääntäkohtaan muodostuisi veden suotautumiskanavaa pohjaveteen. Toinen huomioimaton seikka on jätealtaan täytön aikainen, tiivistyvän turpeen alta purkautuvan pohjaveden (paineellinen) kulkureitti: Rikastushiekkamassan alla tiivistyvä turve voi lisätä vesipainetta patoja kohden (alustan kalliotopografian suuntaisesti) ja ohjata suopohjaveden kulkeutumista patojen alitse ulkopuolelle, mikä lisää paikallisesti pohjaveden ja myös pintaveden pilaantumisriskiä. Viime mainittu ympäristövaikutusriski puoltaisi jätealtaan vesien hallintaa suotovesien ojakeräyksellä, kuten sivulla 19 on esitetty.

26.4.2018

Jätejakeiden haitta-aineiden liukenevuutta on arvioitu 2-vaiheisen liukoisuustestin tulosten perusteella. Kaatopaikkoja koskevan 331/2013-asetuksen ravistelutestin tuloksiin perustuva jäteluokitus ei koske 190/2013-asetuksen soveltamisalaan kuuluvien kaivannaisjätteiden määrittelyä. Liukoisuustestin tulos ei kuvaa kaivannaisjätteen kemiallisessa rapautumisessa vapautuvien haitallisten alkuaineiden pitoisuuksia, vaan räjäytyksessä ja/tai murskaus-jauhatusvaiheessa mineraalien rikkoutuneista sidoksista irtoavien alkuaineiden liukenevuutta (Räisänen et al. 2003). Kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttämisen ennustamiseksi ja vesitasemallinnuksen luotettavuuden lisäämiseksi olisi suositeltavaa suorittaa esimerkiksi kosteuskammiotestausta ja geokemiallista mallinnusta. Mallinnusmenetelmiä on kehitetty mm. USA:ssa (Nordstrom 2011 ja 2015) ja niiden toimivuutta on arvioitu myös GTK:n tuoreessa raportissa *Water quality prediction of mining waste facilities based on predictive models* (Muniruzzaman et al. 2018). GTK:n tutkimusten mukaan kaivannaisjätealueen hapon tuotto ilmenee useimmiten vasta 20–30 vuoden kuluttua (esim. Räisänen et al. 2015, Heikkinen et al. 2009). Täten Hopeakaivoksen happoa tuottavien jätejakeiden kemiallisen rapautumisen vaikutukset vesipäästöihin ilmenisivät vasta parinkymmenen vuoden päästä kaivoksen sulkemisen jälkeen. Tämän seikan huomioiminen katsotaan sisältyvän epäsuorasti kaivosalueen sulkemissuunnitelmiin, joiden ensisijaisina tavoitteina on päästöjen muodostumisen estäminen ja niiden ympäristövaikutusten vähentäminen.

Rautasulfidien erottaminen erilliseksi rikasteeksi, tuotteeksi tai sijoitettavaksi maanalaiseen kaivokseen stabiloituna on hyvä käytäntö, jolla on pitkällä ajalla rikastushiekan jätealueen ympäristövaikutuksia vähentävä vaikutus. YVA-selostuksessa esitetyt rikastustulokset perustuvat minipilot-testiin ja todellisen rikastushiekan koostumus ja sulfidisen rikin pitoisuus varmentuu vasta malmikiven rikastuksen käynnistyttyä rikastamalla. Rautasulfidien erotus rikasteeksi on ollut Suomessa käytössä muutamilla rikastamoilla (Luikonlahti, Kevitsa). Käytäntö on osoittanut, ettei rautasulfidien erotus onnistu suurmittakaavaisessa vaahdotuksessa riittävän hyvin, jotta rikastushiekan sulfidisen rikin kokonaispitoisuus olisi $\leq 0,3$ %. Tämä seikka olisi ollut hyvä huomioida epävarmuustekijänä rikastushiekka-altaan vesipäästöjen arvioinnissa.

Pohjavesivaikutusten arviointi

Kaivosalueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole pohjavesimuodostumia, eikä käytössä olevia talousvesikaivoja. Lähin kaivo on yli kilometrin etäisyydellä

26.4.2018

alueella, minne kaivosalueen irtomaan pohjaveden virtaus ei suuntaudu. Tehdyn selvityksen mukaan lähialueen talousvesien laatua heikentää nykytilassa pintavesien sekoittuminen kaivojen pohjavesiin. Kallion ruhje-/siirrostulkinnat eivät myöskään osoita kaivosalueen kalliopohjaveden kulkeutumiskäytännön pysyvän asutuksen alueille. Arvio ruhjevyöhykkeiden vähäisestä merkityksestä on epätarkka ja perustuu ainoastaan havaintoon, että ne eivät ole yhteydessä laajempiin ruhjevyöhykkeisiin, joka on tässä tapauksessa kulkeutumisen kannalta merkityksellinen asia. Ruhjevyöhykkeiden mahdollista vaikutusta pohjavesialueisiin ei ole arvioitu, koska ruhjevyöhykkeistä ei ole tehty hydrogeologista tutkimusta ja tarkastelualue on liian pieni. Edellä mainittujen seikkojen perusteella kaivostoiminnan suorita vesipäästövaikutuksia pysyvän asutuksen talousveteen (irtomaan / kallion pohjaveteen), voidaan pitää vähäisinä, mutta tutkimusta kalliopohjaveden kulkeutumisesta tai ruhjevyöhykkeiden ominaisuuksista ei ole tehty. Selostuksessa mainitaan, että pohjavesi varastoituu maaperään. Maaperän paksuudesta ei ole annettu tietoa ja näin ollen on mahdotonta arvioida väitteen paikkaansa pitävyyttä tai aikaa, joka kestää veden kulkeutumisella maaperän lävitse kalliopohjaveteen. Myöskään sivukivialueen alle jäävän turpeen paksuudesta ei ole annettu tietoja

Kalliopohjaveden laatua on kuvattu (ilmeisesti maanalaisen) kaivoksen kuivatusvesien analyysitulosten avulla, joita voidaan pitää luotettavina ja joita on käytetty perustana kuivatusvesien ympäristövaikutusarvioinnissa. YVA-selostus keskittyy pääasiassa maanalaisen kaivoslouhinnan vaikutuksiin, ei erikseen avolouhoslouhinnan vaikutuksiin. Toki maanalaisen kaivoksen vaikutus lähialueen ympäristön irtomaan pohjaveden pinnan alenemiseen voi olla suurempi kuin avolouhoslouhinnan. Kalliopohjaveden aleneman arvioitiin ulottuvan noin 600 metrin etäisyydelle. Alenema on laskettu huokoisen väliaineen laskentakaavalla, joka ei ota huomioon kallioperän anisotropiaa ja epähomogeenisuutta. Lineaatiotulkinnan (alustava ruhjetulkinta, Kuva 7-3) perusteella ja nykyisen maanalaisen louhoksen kalliopohjaveden virtaamakuvausten perusteella ruhjeisuus on vähäistä nykyisen louhoksen alueella ja näin ollen huokoisen väliaineen laskentakaavaa voidaan pitää perusteltuna. Kuitenkin virtaamaa louhokseen ja laskettua alenemakartiota voidaan pitää vain suunta-antavana. Lausunnossa ei ilmene, miten kaavassa käytetty vedenjohtavuuskerroin on määritetty.

Selostuksessa todetaan, että "kaivoksen kuivatuspumppaus ja sen aiheuttama pohjavedenpinnan alenemakartio ehkäisee... vaikutusten leviämistä laajemmalle ympäristöön". Aiemmin on kuitenkin todettu, että alenemakartion määrittäminen on epävarmaa, joten vaikutusten leviämisen arviointi on myös epävarmaa.

26.4.2018

Vaihtoehdossa VE0, kuivanapitopumppauksen lopettaminen, mainitaan vaikutuksen pohjaveteen jäävän toteutumatta. Alueelle jo tehty louhos vaikuttaa väistämättä pohjaveden virtauskuviioon. Lisäksi tuoreesta paljastuneesta kalliopinnasta voi liueta haitallisia aineita pohjaveteen.

Kalliopohjavesistä poiketen kaivosalueen irtomaan pohjaveden nykyistä laatua ei ole kuvattu luotettavasti (s. 56). Havaintoputkien tai kairareikien sijaintia ei esitetä missään YVA-selostuksen kartoissa. Tekstin mukaan havaintoputket sijaitsevat avolouhoksen ja tuotantotunnelin ympäristössä. Havaintojen mukaan irtomaan pohjavesi sisältää mm. typpeä, mikä ei ole pohjaveden luontainen ominaisuus. Typen lähteenä ovat aina ihmistoiminnan päästöt esim. teollisuuden typpikaasut, typpipitoinen pintavesi, lannoitteet jne. (Backman 2004). Raudan ja alumiinin ylisuuret pitoisuudet voivat aiheutua hienojakoisista kiintoainepartikkeleista (savipartikkeleista ja saostumista), jotka liukenevat vesinäytteeseen lisätyn happolisän aiheuttamana. Kiintoaineksen vaikutuksen poistaminen alkuainepitoisuuksista olisi ollut hyvä varmistaa suodatetun (kaksoissuodattimella tai 0,2 µm suodattimella suodatetun) näytteen liukoisten alkuaineiden pitoisuusmittauksilla. Yhteenvetona voidaan todeta, etteivät YVA-selostuksen irtomaan pohjavesitulokset edusta alueen luontaisen pohjaveden laatua, vaan todennäköisesti kuvaavat nykyisen kaivostoiminnan pohjavesivaikutusta. Asian varmistaminen edellyttäisi myös havaintoputkien kunnon tarkistamista ja mahdollisesti uusien putkien asentamista ei ainoastaan kaivosalueelle vaan myös kaivostoiminnan vaikutuspiirin ulkopuolelle.

YVA-selostuksen mukaan jätealueilla, sivukiven jätealuetta lukuun ottamatta, ei olisi ympäristön irtomaan pohjavesivaikutuksia. Tässä perusteena on esitetty jätealueiden tiivisturvepohjarakennetta ja suotovesien keräystä jätealueita ympäröivistä ojista. Pohjavesivaikutusten arvioinnin epävarmuustekijöissä ei ole huomioitu jätealueiden pohjan tiivisrakenteen rakentamiseen ja jätealueen veden hallintaan liittyviä riskejä (esim. rikastushiekan jätealtaan veden hallinta, ks. aiempi teksti).

Pintavesivaikutusten arviointi

Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset pintavesistöihin on esitetty laajasti neljän eri vaihtoehdon osalta. Arvioinnin perustana ovat useiden keskeisten pintavesikohteiden vesien analyysitulokset. Vesistökuormitusta ja veden laatua on arvioitu mallinnusmenetelmillä, joita käytetään yleisesti ja jotka on tunnustettu soveltuviksi vesistöjen ympäristövaikutusarviointiin. Arvioissa on huomioitu vesistökohtaisesti keski- ja alivirtaamatilanteet, joilla on merkittävä vaikutus alkuaineiden tai yhdisteiden pitoisuusvaihteluun.

26.4.2018

Vesitasekaavio selkiyttää eri jätevesien lähteitä, vesikiertoa ja hyötykäyttöä malmin rikastuksessa. Kaavion ymmärrettävyyttä heikentää osassa kohtaa tekstikuvauksen eroavuus mm. seuraavien kaavio-osien osalta: Rikastamolle palautettaisiin vettä joko suoraan vedenpuhdistamolta tai selkeytysallas-2:lta kierrätysvesisäiliön kautta. Tekstissä (s. 8) ei kuitenkaan mainita kierrätysvesisäiliötä, jota ei ole merkitty kuvan 3-2 karttaankaan (ilmeisesti rikastamolla?). Tekstin mukaan kuivatusvedet kierrätettäisiin joko selkeytysallas-3:lta suoraan rikastamolle tai vedenpuhdistamon kautta. Näistä ensin mainittu kierrätysvaihtoehto puuttuu kuvasta 3-5. Kuvan 3-5 kaaviossa esitetään ylijäämävesien purku vesistöön pintavalutuskentän kautta, mutta kaavioon ei ole merkitty, mistä kuvaan 3-2 merkitystä kuudesta pintavalutuskentästä on kyse. Tekstissä mainitaan Koivupuroon laskevasta pintavalutuskentästä, joka olisi no 1. Tämä pintavalutuskenttä olisi selostuksen mukaan siten käytössä vaihtoehdossa VE 0+ ja VE 1a sekä osittain VE 1b, jossa toisessa vaihtoehdossa 50 % ylijäämävesistä puretaan Koivupuroon. Edellä mainitut seikat heikentävät jätevesien kierrätyksen luotettavuutta. Ilmeisesti kaavion taseen vesimäärät ovat oikein mitoitettu. Pintavalutuskenttiä on karttakuvassa esitetty kuusi, joiden kaikkien käytöstä ei ole mainintaa. Ovatko ne tarpeettomia?

Vesistöön kohdistuvat kuormitusvaikutukset arvioitiin 11 alkuaineelle (Ag, Al, As, Cd, Hg, Ni, Pb, Zn, Sb, N, P) ja sulfaatile sekä kiintoaineelle. Vesipäästöjen kuormitustarkastelusta puuttuu kokonaisvaltainen tarkastelu alapuolisen vesistön suolaantumisriskistä koskien sulfaatin lisäksi muita suolaantumista lisääviä alkuaineita kuten Ca, Na ja Cl.

Espoossa



Petri Lintinen

Johtaja, projektit ja asiakkuudet

Kuopiossa



Päivi Kauppila

Yksikön päällikkö

26.4.2018

JAKELU

Operatiivinen johto
Kirjaamo
Päivi Kauppila
Marja Liisa Räisänen
Teemu Karlsson
Antti Pasanen

Viitteet

- Backman, B. 2004. Groundwater quality, acidification, and recovery trends between 1969 and 2002 in South Finland. Geological Survey of Finland Bulletin 401. 110 p.
- Heikkinen P. M., Räisänen M. L. & Johnson R. H., 2009. Geochemical Characterization of Seepage and Drainage Water Quality from Two Sulphide Mine Tailings Impoundments: Acid Mine Drainage versus Neutral Mine Drainage. *Mine Water and the Environment* 28, pp. 30–49.
- Jantunen, J. & Kauppila, T. (toim.) 2015. Ympäristövaikutusten arviointimenettely kaivoshankkeissa. TEM oppaat ja muut julkaisut 3/2015. 96 s.
- Muniruzzaman, M., Kauppila, P. M. & Karlsson, T. 2018. Water quality prediction of mining waste facilities based on predictive models. *GTK Open File Report* 16/2018. 67 p.
- Nordstrom, D. K. 2011. Hydrogeochemical processes governing the origin, transport and fate of major and trace elements from mine wastes and mineralized rock to surface waters. *Applied Geochemistry* 26, 1777-1791.
- Nordstrom, D. K. 2015. Baseline and premining geochemical characterization of mined sites. *Applied Geochemistry* 57, 17–34.
- Räisänen, M. L., Nikkarinen, M., Lehto, O. & Aatos, S. 2003. Liukoisuustesteistä riskienhallintaan kaivosympäristössä. *Vesitalous* 1, 39–43.
- Räisänen, M. L., Beucher, A., Tornivaara, A. & Kauppila, P. 2015a. Suljettujen ja hylättyjen metallikaivosalueiden nykytila ja arvio jätealueiden ympäristöriskipotentialista. *Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti* 46/2015, 129 s.

