

MUTKU-päivät 2008, Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu 12.3.

## **KAIVOSYMPÄRISTÖONGELMAT**

### **- Kaivannaisjätteiden kemiallinen muutunta ja ympäristön pilaantuminen**

*Marja Liisa Räisänen*

Geologian tutkimuskeskus (Kuopion yliopisto)

Kuopio

Teollinen kaivostoiminta sisältää aina ympäristöriskin. Se muuttaa lähialueen maisemaa voimakkaasti. Merkittävimmät maisemalliset vaikutukset aiheutuvat avolouhoksista, sivukivien ja rikastushiekan läjitysalueista sekä rakennettavista rakennuksista, teistä ja junaradoista. Maiseman muuttuminen riippuu mm. malmiesiintymän syvyydestä, kerrostuman paksuudesta ja mineraalityypistä ja lisäksi malmin talteenotto prosentista, louhintatavasta ja jatkokäsittelypaikasta. Metsä- ja maatalouteen verrattuna alue, johon kaivostoiminnalla on suora vaikutus, on usein pieni. Huomionarvoista on kuitenkin, että suurtuotannon kaivokset muuttavat maisemaa useiden satojen hehtaarien alalta, millä on paikallisesti huomattava merkitys. Esimerkiksi Talvivaaran kaivosalue tulee koko laajuudessaan kattamaan lähes 600 hehtaaria.

Maa- ja vesilainsäädännön mukaan merkittävimmät kaivostoiminnan aiheuttamat ympäristöongelmat liittyvät happamaan kaivosympäristövalumaan ja haitta-ainepitoisen jätteen ja/tai malmirikasteen pölyämiseen. Pölyämiseen voi liittyä myös ympäristöön happamoittava ominaisuus, jos pöly sisältää rautasulfideja tai rautapitoisia metallisulfideja. Tässä esitelmässä käsitellään tarkemmin lähinnä kaivosympäristövalumaan liittyvää happamoitumisriskiä, sen syntyä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Kaivosympäristövalumasta käytetään yleisesti englanninkielisistä sanoista tulevaa kirjainlyhennettä AMD (acid mine drainage) tai ARD (acid rock drainage).

Happaman kaivosympäristövalumaa syntyy, kun metallisulfidipitoinen kaivannaisjäte tai louhosseinämä tai pöly pääsee kosketuksiin hapen ja veden kanssa. Happamuus syntyy ensisijaisesti rautasulfidien hapettumisreaktioissa, joiden myötä käynnistyy muiden metalli- ja/tai metalloidipitoisten mineraalien rapautuminen. Hapon muodostuksen tehokkuuteen vaikuttavat niin kemialliset, biologiset kuin fysikaalisetkin tekijät. Kemiallisia tekijöitä ovat mm. pH, lämpötila, happipitoisuus (kaasu- ja vesifaasissa) ja hapettuneen raudan ( $\text{Fe}^{3+}$ :n) kemiallinen aktiivisuus. Biologisia tekijöitä ovat bakteeripopulaatioiden tiheys, bakteerien kasvunopeus ja ravinteiden saatavuus. Lisäksi kaivannaisjätteen fysikaaliset ominaisuudet ja hydrologiset olosuhteet säätelevät hapon muodostumisnopeutta ja -tehokkuutta. Karkearakeisessa jätteessä kuten sivukivikasoissa hapen diffuusio on helpompaa, mikä voi johtaa suurempaan hapon tuottoon kuin hienorakeisessa jätteessä. Hienorakeisessa jätteessä kuten rikastushiekassa hapettumiselle altistunut pinta-ala on suuri, mikä edistää hapettumisreaktioita, mutta hapen kulkeutuminen läjitysmassaan on hidasta. Viime mainittu piirre puolestaan hidastaa rikastushiekan hapon muodostumista.

Kivimateriaalissa voi tapahtua haponmuodostusta, vaikka valuma olisi neutraali. Tällöin haponmuodostusta tapahtuu sulfidirakeiden mikroympäristössä, mutta vesi neutralisoituu

MUTKU-päivät 2008, Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu 12.3.

kivimateriaalissa ennen poisvirtausta. Läjityksessä vajovesi neutraloituu tehokkaimmin karbonaattimineraalien rapautuessa. Vajoveden neutraloituminen läjityksen sisällä edesauttaa haitallisten metallien pidättymistä reaktioissa syntyviin saostumiin. Nämä seikat puolestaan vähentävät kaivosympäristövaluman ympäristöriskiä alapuolisiin vesiin. Jos happoa tuottavalla kivimateriaalilla ei ole neutralisointipotentiaalia (vähän karbonaatteja), syntyy hapan valuma.

Aikaväli kivimateriaalin kemiallisen tasapainon muutoksesta hapontuoton huippunopeuteen voi lukuisista ympäristötekijöistä ja kivimateriaalin neutralointipotentiaalista riippuen vaihdella päivistä vuosiin. Suomen ilmastossa hapon muodostus on hidasta useimpien kiviainestyyppien osalta. GTK:n tutkimusten mukaan malmityypistä ja läjitysalueen maaperätekijöistä riippuen sivukiven tai rikastushiekan läjitysalueen valumavesien haponmuodostus voi kestää 20-30 vuotta. Nopeinta haponmuodostus on rautasulfideja runsaasti sisältävissä mustaliuske kivissä ja kvartsimaa- ja alpakivissä sekä osittain kuivuneissa rikastushiekoissa. Valumaveden happamuuden kasvuun vaikuttaa osaltaan myös kivimateriaalin neutralisointipotentiaalin heikkeneminen vuosikymmenien kuluessa. Haponmuodostuksen alkuvaiheessa, ensimmäisinä vuosikymmeninä valumavedet voivat olla vielä pH-arvoilta luontaisten pinta- tai pohjavesien tasolla. Tässä tapauksessa sulfidihapettumisen käynnistyminen näkyy lähinnä sulfaattisen rikin, yksittäisten metallien (Ni) ja neutralointiin osallistuvien maa-alkali- tai alkalimetallipitoisuuksien kasvuna. Neutralointikyvyn laskiessa veden happamuus kasvaa nopeasti ja samalla useimpien haitallisten alkuaineiden pitoisuudet lähtevät yhtäaikaaisesti nousuun.

Hapan kaivosympäristövaluma aiheuttaa ympäristöön levitessä pinta- ja/tai pohjavesien happamoitumisen. Happamoituneille vesille on tyypillistä alhainen pH (<4) ja suuri haitallisten metallien tai metalloidien pitoisuus sekä rauta- ja alumiinisäostumien runsaus. Vesiuomat ovat joko värjäytyneet kellanruskeiksi tai punaruskeiksi tai jos kyseessä on alumiinin saostumista, niin uomien pohjat täyttyvät valkeista sakoista. Neutraloituneissa valumavesissä voi myös olla runsaasti rautasaostumia ja alumiinisakan sijaan vaaleaa kipsi (kalsiumsulfaatti)-sakkaa. Vesien puhdistaminen voi monessa tapauksessa olla ongelmallinen juuri suuren raudan ja/tai alumiinin saostumisaktiiviteetin takia. Tämä voi rajoittaa esimerkiksi neutraloivan kalkin käyttöä perinteisin menetelmin.

Tänä päivänä kaivosyritysten asiantuntemus ympäristöasioissa on korkeatasoista ja ympäristöriskien hallintaan satsataan enemmän kuin 1980-luvulla, jonka loppupuolella kaivostoiminta Suomesta hiipui lähes kokonaan. Jo suunnitteluvaiheessa huomioidaan syntyvien kaivannaisjätteiden haponmuodostusominaisuudet. Läjitysalueiden huolellisella suunnittelulla voidaan ennaltaehkäistä hapon muodostusta tai hidastaa hapan pääsyä läjitykseen. Kivi- tai mineraaliaineksen neutralointikykyä voidaan lisätä syöttämällä jätteeseen neutraloivia lisäaineita tai pienennetään malmin prosessoinnin yhteydessä sivukivien tai rikastushiekan rautasulfidipitoisuutta. Sulfidipitoisen jätteen pitäminen veden kyllästämänä on tämän hetken tietämyksen mukaan tehokkain keino estää hapon muodostus ja metallisulfidimineraalien rapautuminen.