

## Kuusamon Juomasuon esiintymän YVA:in liittyviä teknisiä huomioita

### Yleistä

Kuusamon Juomasuon esiintymän YVA:n merkittävin ongelma liittyy siihen, että arviointi perustuu paljolti olettamuksiin, koska projektin insinöörisuunnittelua ei ole tarpeellisessa määrin joko tehty tai sitä ei ole YVA:ssa osattu huomioida. On myös huomioitava, että merkittävä osa tarvittavista tiedoista olisi voitu helpostikin mitata prosessikokeita tehtäessä ja perustaa siten YVA faktoihin. YVAssa onkin turvaututtu paljolti muiden kaivosten lupa-arvoihin. Kaivosten malmit ovat hyvin erilaisia samoin kuin kaivosten ympäristöt vesistöineen ovat hyvin erilaisia, joten lupaehdot ovat tapauskohtaisia eikä niillä ole laajempaa kantavuutta käytettäväksi yksittäisen kohteen YVA:ssa.

Muiden kaivosten lupa-arvoilla ei ole paljoakaan merkitystä, jos mahdollista riskeistä jokin toteutuu, kuten on käytännössä nähty. YVA:n eräs suurimmista puutteista on sen riskiarvioiden merkittävä vajavaisuus ja se, että esitetyt johtopäätökset eivät perustu tutkimukselliseen tietoon eivätkä riskiarvioinneissa yleisesti käytössä olevaan metodiikkaan.

Insinöörisuunnittelun vähäisyys näkyy hyvin ylimalkkaisina ja osin ristiriitaisina kuvauksina ja johtopäätelminä. YVA ei johdu loogisesti malmin sisältämien mineraalien fysiko - kemiallisista ominaisuuksista ja samasta syystä syntyvistä prosessiratkaisuista. Se ei myöskään tukeudu kokeellisiin tuloksiin tai alan laajaan kirjallisuuteen.

### Taloudellinen tila

On varsin selvää, että Juomasuon malmi sellaisenaan ei riitä taloudelliseen toimintaan, joten avolouhoksia on avattava myös muihin, Juomasuotakin pienempiin, tunnettuihin esiintymiin (Hangaslampi, Pohjasvaara samassa kaivospiirissä kuin Juomasuo), (Sivakkaharju ja Meurastuksenaho erillisinä esiintyminä n 3-4 km Rukalta luoteeseen).

On pidettävä merkittävänä puutteena, että YVA keskittyy lähes täysin Juomasuohon. Jos kaivostoiminta alkaisi, niin vaikutukset olisivat merkittävästi laajemmat kuin vain Juomasuohon kytkeytyvät ja siltä osin voi todeta YVAn olevan puutteellinen.

## Kaivospiiri

Au-Co-(U) mineralisaatioiden puhkeamat sijaitsevat drumliinien<sup>1</sup> alla ja maapeitteen paksuus on yleensä 6-10 metriä tai jopa enemmän. Juomasuon kaivospiirin koelouhoksen korkeus on noin 272 m merenpinnasta ja siitä noin 1 km suoraan pohjoiseen olevan Kitkajoen korkeus 237 m. Rinteen keskimääräinen jyrkkyys on siis 3,5%. Hangaslammen puron viettämä on hieman pienempi. YVA:n mukaaan alue on vettä hyvin läpäisevää hiekkamoreenia ja soraa. Valitettavasti yhtään maaperän ja pohjaveden mittapistettä ei ole alueella, mitä on ajateltu kaivosjätteiden (sivukiven, rikastushiekan ja jätevesien) läjitysalueiksi. On teoreettisesti laskettavissa, että kaivospiirin alueella on merkittävä hydraulinen gradientti kohti Kitkajokea; sen lisäksi, että kaivospiirin halkaisee Hangaslammesta suoraan Kitkajokeen johtava puro, jonka keskivirtaama YVA:n mukaan on 1-2 litraa sekunnissa. Se kuitenkin muodostaa selkeän uomaa, jonka gradientista johtuva virtauspotentiaali on paljon suurempi kuin Hangaslammen sadanta-alueelta purkautuva vesimäärä.

Kaivospiiri on esitettyyn tuotantoon nähden hyvin ahdas, varsinkin jos taloudellisista syistä myös Hangaslammen ja Pohjasvaaran pienet esiintymät otetaan tuotantoon. Tarvetta pikaisestikin laajentaa kaivospiiriä ei YVA käsittele. Toiminnallisesti alueen topografia ei tarjoa paljoa mahdollisuuksia kaakkoiselle laajennukselle. Koillinen ja itäinen suunta voi tarjota tilaa sivukiven läjitykseen, mutta tällöin tullaan vain joidenkin satojen metrien päähän Kitkajoesta. Läntisissä suunnissa rajoitus syntyy Kuusamosta pohjoiseen menevistä tieurista ja Välijoesta. Kaikki edellä hahmotellut kaivospiirin laajenemismahdollisuudet tuovat merkittäviä muutoksia siihen, miten ympäristön vaikutukset mahdollisesti toteutuvat.

## Malmiarvio

Juomasuon malmiarvio osoittaa noin 1,5 milj. tonnia todennettua ja todennäköistä malmia sekä noin 400 000 tonnia mahdollista malmia. Samassa kaivospiirissä olevassa Hangaslammen esiintymässä on vain noin 340 000 todennäköistä malmia ja Pohjasvaarassa mitättömät 80 000 tonnia. Malmit ovat YVA:n ja eräiden julkisten raporttien (Pankka 1989 ja Vanhanen 1992, 2001) mukaan syrjäytymälmejä, joissa malmiutumisen on keskittynyt ruhjeeseen ja sen välittömässä läheisyydessä oleviin, intensiivisen hydrotermisesti<sup>2</sup> muuttuneisiin kiviin. Pintaleikkauksessa malmit ovat voimakkaasti litistyneitä, mutta syvyysuunnassa jatkuvia (kuvat 1 ja 2). Tämä johtaa merkittävään sivukiven louhintaan. Jos louhoksen syvyydeksi tulee n 100-150 metriä ja louhinnan kestoksi 1,5 – 2 vuotta (YVA taulukko 7-1; s 59) syntyy louhittavaa<sup>3</sup> noin 13,5 miljoonaa kuutiometriä vastaten noin 38 miljoonaa tonnia<sup>4</sup>. Tästä on suunnitelman mukaan malmia noin 1 000 000 tonnia ja sivukiveä siis noin

---

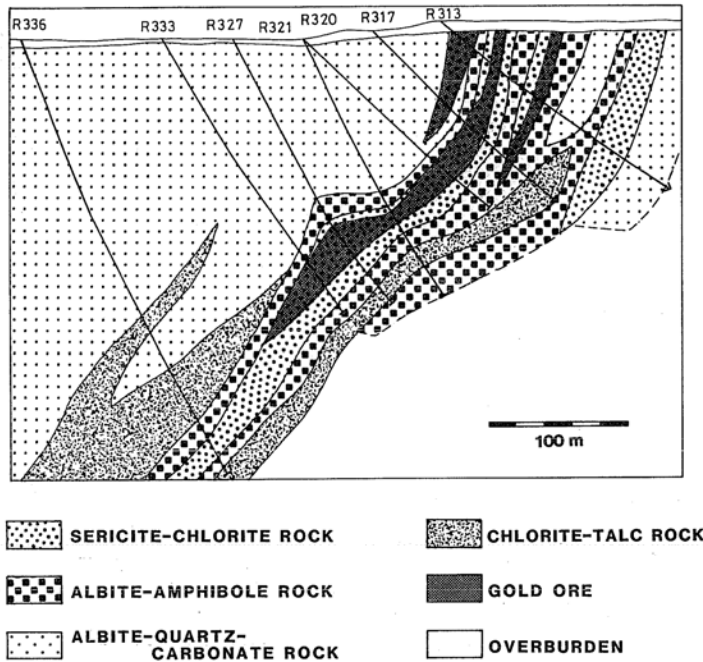
<sup>1</sup> Jäätikön kulkusuuntaan syntynyt pienimuotoinen sora(moreeni)harju

<sup>2</sup> tarkoittaa miljoonia vuosia sitten tapahtunutta kuumien nesteiden aiheuttamaa mineraalien muutosta. Kloriitti on pehmeä talkin tapainen mineraali. Serisiitti on vähärautainen kiille.

<sup>3</sup> Laskettu katkaistuna kartiona, jonka syvyys on 100m, louhoksen reunakulma 50 astetta ja halkaisija maan pinnan tasossa 500 m.

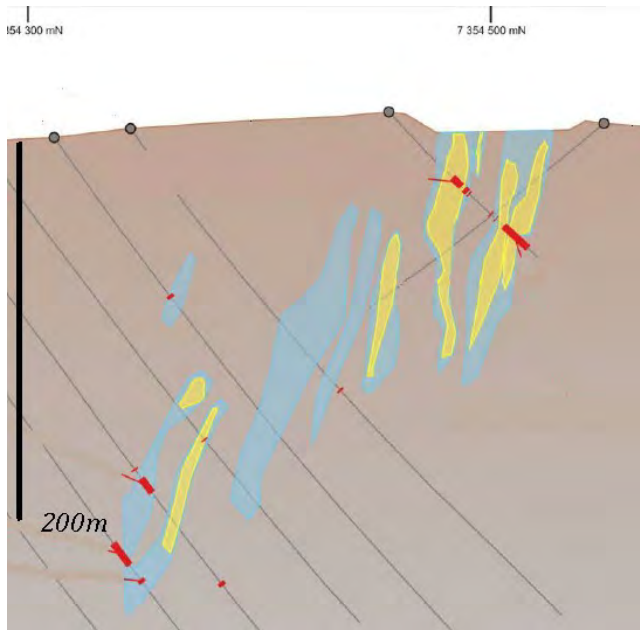
<sup>4</sup> Kvartsi ja maasälpäkivien tiheys on n 2800 kg/m<sup>3</sup>.

37 000 000 tonnia. Suunnitelma ei vaikuta realistiselta. Tämä on ristiriidassa sivulla 23 esitettyyn sivukivimäärään n 4 milj. tonnia vuodessa. Se on myös ristiriidassa suunnitellun sivukivikasan kokoon ja siitä tehtyihin huomioihin ympäristövaikutuksista. Kasattaessa louhetta kasaan tavoitetaan tyypillisesti noin 30 asteen valumakulma. Kartioon, jonka pohjapinta-ala on 260000 m<sup>2</sup> (26ha) voidaan teoreettisesti varastoida noin 10-12 milj. tonnia.<sup>5</sup> Tällöin kasa olisi n 75 m korkea. Käytännössä kasaan voidaan varastoida ehkä 60% siitä.



Kuva 1 Juomasuon malmin poikkileikkaus (Pankka 1989)

<sup>5</sup> 30 asteen kasauskulma ja huipulla halkaisija 20 m. Irtokiven tiheys on n 60% kiinteän kiven tiheydestä.



Kuva 2. Malmiarvion poikkileikkaus (Dragon mining osavuosisikatsaus 2013)

YVA:n yksityiskohtien yhteensopimattomuus on merkittävä ja vakava. Onkin jopa esitettävä kysymys, asettaako tällainen huolimattomuus ja jopa piittaamattomuus johtopäätökset kyseenalaisiksi laajemminkin.

On myös merkittävää, että selkeää arviota louhittavan sivukiven potentiaalista muodostaa happoa ei esitetä. Osa louhittavaksi tulevasta mineralisaatiosta (ns. Comalmi) sisältää niin vähän kultaa, että se täytyy lukea sivukiveksi, mutta siinä on kiisuja arviolta 10-13%. On todettava, että Hangaslammesta johtava puro tulisi kulkemaan aivan sivukivikasan kupeessa huomattavaan alamäkeen. Jos kivellä on happoa muodostavaa potentiaalia, voi hapanta raskasmetallipitoista vettä päästä puroon sekä pinta-valumana että moreenikerroksessa suotautumana puron alajuoksulle. Toteamuksella, että valumavedet kerätään eikä ympäristövaikutuksia ole, ei ole merkittävää uskottavuutta kaikkien mittausarvojen puuttuessa.

## Mineraalit

Malmissa olevien mineraalien ominaisuudet muodostavat pohjan ympäristövaikutusten arvioinnille. Mineraalit on esitelty kohdassa 8.2, mutta muuten niiden ominaisuudet ovat kuvaamatta. GTK:n tutkimusraporttien (Pankka 1989; Vanhanen 1992) ja Geol. Bulletin julkaisun (väitöskirja, Vanhanen 2001) mukaan malmin päämineraalit ovat kvartsi, kloriitti ja serisiitti (kiille). Malmissa on myös albiittia (natrium maasälpä).

Merkittävää tässä mineraalikoostumuksessa on, että sillä ei ole suurta puskurikykyä pH:n suhteen. Testissä (sivu 71) neutralointipotentiaaliluku jäi alle 1:n., mikä tarkoittaa, että kivi ei pysty neutraloimaan kiisujen<sup>6</sup> hapettumisesta syntyvää happamuutta ja sitä kautta syntyvää raskasmetalli liukenemaa.

<sup>6</sup> Kiisu on yleisnimi metallin ja rikin yhdisteelle.

Malmimineraaleista yleisimpiä ovat magneetti- ja rikkikiisun lisäksi kobolttipentlandiitti ja kobolttihohde.

Magneettikiisu ( $\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$ ) on rautavajauksensa vuoksi erittäin helposti hapettava ja siten sulfaattia muodostava mineraali. Sulfaattimuodostus laskee pH:ta, mikä puolestaan aiheuttaa raskasmetallien liukenemistä.

Muita paikallisesti rikastuneita malmimineraaleja ovat kuparikiisu, uraniniitti (pikivälke), scheeliitti ja molybdeenihohde.

Kulta esiintyy pääasiassa mikroskooppisina rakeina ja raekasaumina telluridien<sup>7</sup> ja Bi-mineraalien kanssa sekä sulkeumina rikkikiisussa, kobolttihohteessa ja pikivälkkeessä. Vain satunnaisesti on todettu silminnähtävää kultaa (tiheys 15-19 kg/dm<sup>3</sup>). Selvimmin kulta näyttää rikastuneen pikivälkerakeisiin sekä niiden välittömään läheisyyteen. Väitöskirjassaan Vanhanen (2001) esittää pikivälkkeen ja kullan tilastolliseksi korrelaatioksi Juomasuolla 0,76<sup>8</sup>.

YVA toteaa luvussa 8.2.3 (sivu 105) käsiteltäessä uraanin esiintymistä: ”Kullan ja uraanin esiintymisellä ei ole yksiselitteistä positiivista korrelaatiota, vaikka paikoin kulta ja uraani esiintyvät samoissa vyöhykkeissä.”

Rautakiisujen suhde on merkittävästi magneettikiisuvaltainen (Vanhanen 2001). Väitöskirjassa esitettyjen Juomasuon Fe ja S pitoisuuksien mukainen moolisuhde<sup>9</sup> Fe:S on noin 1:0,9, mikä viittaa magneettikiisun suureen suhteelliseen määrään (suhde 0,95:1). Lisäksi rautaa on sitoutunut silikaatteihin ja oksidiksi. Tämä tarkoittaa, että magneettikiisua olisi koko malmin massasta noin 11-14 %:a (kokonaisrikki n 5%).

YVA:n liitteen 2 analyyseissä arseenin vaihteluväliksi annetaan 0,0-2,9%, keskiarvona n 0,07%. Vanhasen väitöskirjassa arseeni arvojen keskiarvo on 0,2% (ja keskihajonta 0,29%). Hänen mukaansa arseeni on yhdistyneenä pääosin kobolttihohteeseen (CoAsS). Se on läheinen mineraali arseenikiisun (FeAsS) kanssa. Vanhanen (2001) toteaa myös arseenikiisun läsnäolon mahdollisuuden, vaikka toteaa, että sitä ei ole havaittu. Ainakin arseenikiisu on melko helposti hapettava ja siten arseenipäästöjä aiheuttava mineraali. Näin voi olla myös kobolttihohteen osalta, vaikka tietoa ei ole.

Kiisumineraalien tiheydet vaihtelevat kobolttihohteen 5,6 kg/dm<sup>3</sup>:sta ja rikkikiisun 5,0 kg/dm<sup>3</sup>:sta magneettikiisun 4,6 kg/dm<sup>3</sup>:een<sup>10</sup>

Edellä esitetyn perusteella on ympäristövaikutusten kannalta merkittävää miten kiisut prosessoidaan ja miten prosessista syntyvä rikastushiekka käsitellään.

Uraanipitoisuudet vaihtelevat malmeissa paljon. YVA (taulukko 4.2) antaa keskiarvoksi n 150 ppm. Vanhasen (2001) mukaan malmikivissä on keskiarvo 1400

---

<sup>7</sup> Esim; Calaveriitti  $\text{AuTe}_2$ .

<sup>8</sup> 0,76 on tilastollisesti merkitsevä

<sup>9</sup> 1 mooli ainetta on sen atomipainon osoittama grammamäärä ainetta. 1 mooli rautaa on 55,8g ja mooli rikkiä 32g.

<sup>10</sup> Malmin isäntäkivenä olevat kvartsiitti ja maasälvät n 2,7 kg/dm<sup>3</sup>.

ppm ja keskihajonta 4900 ppm. Ero on merkittävä ympäristövaikutusten arvioinnin kannalta. Jälkimmäinen arvio ylittää ydinenergiain kynnyksen. Kullan malmikeskiarvojen laskenta on tehty kansainvälisten normien mukaan, mutta mitään tietoa siitä miten uraanin osalta on menetelty, ei ole. Asia kaipaa syvällisen selvityksen.

Pikivälkkeen tarkemmasta koostumuksesta ei anneta tietoa. Se on yleensä U(IV)<sup>11</sup> ja U(VI) uraaniyhdisteiden seos. Pikivälkkeessä on aina mukana myös radiumia ja lyijyä uraanin hajoamistuloksena.

Annetut pitoisuusarviot antavat pikivälkkeen massaksi 0,01-0,1% koko massasta. Pikivälkkeen tiheys on n 10,9 kg/dm<sup>3</sup>.

Juomasuon malmin kiisumineralogia on tyypiltään sellainen, että sillä on merkittävä potentiaali hapettua ja muodostaa sulfaattia ja alentaa pH:ta. Kun samalla malmin isäntäkivellä ei ole suurta potentiaalia puskuroida tätä happamuuden syntyä, olisi ollut tarpeen YVAssa avata tätä problematiikkaa. Erikoisesti olisi tässä yhteydessä ollut vaikutusten arvioinnille eduksi esittää kahden merkittävän ympäristöön vaikuttavan kemiallisesti myrkyllisen aineen liukeneminen ja käyttäytyminen; so. uraanin ja arseenin. Kummankaan liukenemisestä prosessissa ja mahdollisissa kivikasoissa ei esitetä mitään kokeellista dataa. YVA:ssa mainitaan australialaisen ALS Amtech laboratorion tekemä liuotustutkimus (s 243), mutta siitä ei anneta mitään tietoja.

Vaikutusten arviointia eivät suuresti edistä yleiset YVAssa useasti esitetyt kommentit, että hapetus/pelkistys olosuhteilla on vaikutus alkuaineiden liikkuvuuteen niin maaperässä kuin vedessä.

### **Uraani**

Uraani voi esiintyä luonnossa neljässä eri hapetusasteessa (U(III-VI)). Niistä luonnossa esiintyvät pääasiassa U(IV) ja U(VI). (Langmuir 1978). Neljäarvoisen uraanin liukoisuus on merkittävästi pienempi kuin kuusiarvoisen uraanin, joka esiintyy yleensä uranyyli-ionina (UO<sub>2</sub>)<sup>2-</sup>. Kyseinen ioni muodostaa monia liukoisia komplekseja, joista tärkeimmät ovat uranyylikarbonaatit ja uranyylisulfaatit. U(IV):n hapettuminen riippuu maaperän ominaisuuksista, joita ei tässä tapauksessa ole uraanin kannalta selvitetty.

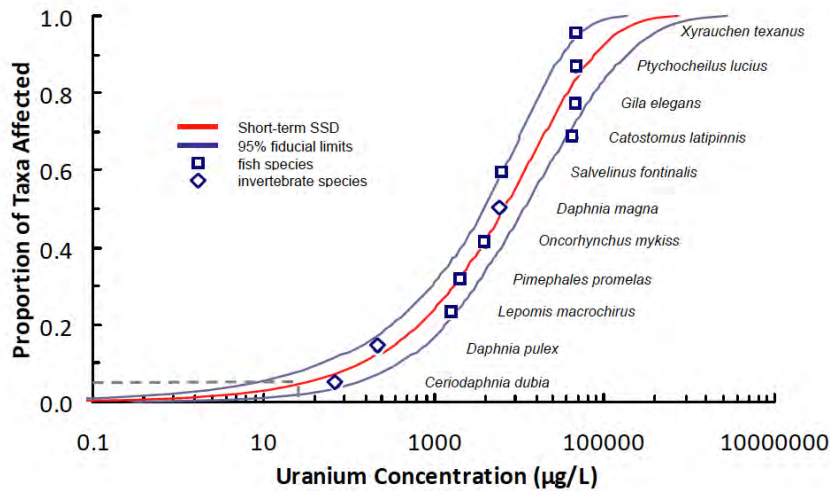
Uraanin ensimmäinen ongelma on sen kemiallinen myrkyllisyys. Tätä on eritelty mm Kanadan vedenlaadun ohjeistuksessa (CCME), jossa todetaan jo muutaman kymmenen mikrogramman/l pitoisuuksien vaikuttavan. SSD (species sensitivity distribution) jakautuma on CCME:n mukaan lyhytaikaiselle vaikutukselle kuvan (Kuva 3) mukainen. Kukin piste edustaa konsentraatiota, jossa 50% kyseisestä lajista menehtyy. Pystyakseli osoittaa kuinka suureen osaan Kanadan tutkittujen vesistön elimistöstä uraani vaikuttaa 50% tappavasti. Pitkäaikaisen vaikutuksen SSD on noin kolmasosa lyhytaikaisesta. Tämän perusteella Kanadan viranomaiset

---

<sup>11</sup> Roomalainen numero tarkoittaa hapetusastetta

ovat todennet, että raja tulee asettaa YVA:n mainitsemaan (taulukko 8.18) 10 µg/l ja 35 µg/l arvoihin.

Huomioon ottaen alueen topografian ja maalajien veden läpäisevyyden ja uraanin kompleksisen käyttäytymisen, ei YVA:an sisältyvä uraanin ympäristövaikutusten arviointi ole alkuunkaan riittävä, erikoisesti huomioonottaen Kitkajoen erityiset luontoarvot, mm oma taimenkanta.



Kuva 3. Uraanin ympäristövaikutukset CCME:n mukaan.<sup>12</sup>

Uraanin toisena ongelmana on radioaktiivisuus. Se(U238) hajoaa hyvin hitaasti (puoliintumisaika 4,5 miljardia vuotta) thoriumiksi (Th 234) siten, että se säteilee alfa partikkelin (helium ytimen). Thorium puolestaan hajoaa nopeasti (puoliintumisaika 24 päivää) proactiniumiksi (Pa) ja uraaniksi (U234) säteillen molemmissa hajoamisissa beta partikkelin (elektronin). Seuraavat askeleet ovat thorium(Th230) ja Radium (Ra226) ja radon (Rn222) edelleen säteillen alfa partikkelin. Radon on kaasumainen, mutta säteilee alfa säteilyä, joten se ei ulkoilmassa ole ongelma vähäisen pitoisuutensa vuoksi. Hajoamissarjassa kemiallisesti erittäin myrkyllistä on seuraava hajoamisaskel Polonium (Po 218), Sen jälkeen radioaktiivisia hajoamisreittejä on useita poloniumin isotooppi 210 säteilee voimakkaasti beta säteilyä samoin kuin lyijyn isotooppi Pb(210), jotka ovat merkittäviä välivaiheita. Päätepisteenä on lyijy (Pb 206), mikä on stabiili. Alfapartikkeli ei läpäise kokonsa ja hitaan nopeutensa vuoksi juurikaan muita aineita ja jo muutama kymmenen senttiä ilmaa riittää pysäyttämään alfasäteilyn. Beta säteily sen sijaan tarvitsee jo huomattavan kiinteän esteen (lyijylevy) pysähtyäkseen.

Juomasuon koelouhoksesta on mitattu merkittäviä säteilyannoksia (STUK muistio Markkanen 1991), 0,3-3,8 µSv/h. Huomioon ottaen sen, että yleinen turvallinen raja täytemaalle ym. (STUK -B-STO 32) 0,1 mSv vuodessa ylittyy laskennallisesti vain joidenkin satojen tuntien altistuksella korkeimmilla mittausarvoilla ja pienimmillä

<sup>12</sup> 1 g=1000mg ja 1 mg = 1000µg

arvoilla muutaman tuhannen tunnin altistuksella, olisi ollut ehdottomasti tarpeen selvittää syntyvän pölyn aktiivisuutta ja säteilyn mahdollisia siirtomekanismeja (pölyäminen ja kulkeutuminen pinta- ja pohjavedessä).

Vaikka YVA:n mukaan uraania ei tultaneakaan rikastamaan ominaispainorikasteeksi, niin toteamus (sivu 385), että ominaispainorikasteen U pitoisuus olisi vain noin 0,1% U vaatii selityksen.

Yksinkertaisella laskutoimituksella voi laskea, että vaahdotuksessa on kultarikasteeseen mennyt yli 80% kiisuista, joten tiheydeltään yli  $5\text{kg}/\text{dm}^3$  materiaalia on koko massasta jäljellä arviolta 2-4%:a. Jos se saadaan kokonaan ominaispainorikasteeseen saadaan uraanin rikastussuhteeksi (huomioiden, että uraanista 25% on mennyt vaahdotukseen) suuruusluokka 20-30, mikä tarkoittaa pitoisuutta 0,3-5% U.

Toteamukset, että uraani ei ole kannattavaa erottaa, ovat totta siinä mielessä, että uraani ei ole kannattava tuote yksinään. Jos vaahdottamoo rakennetaan kulan talteenottamiseksi, niin spiraaliluokittimien hankinta ja asennus ei nosta paljoakaan investointikustannuksia, joten uraanirikasteen myynti voi nousta kiinnostavaksi kassavirran lisääjäksi. Tekninen ongelma voi syntyä siitä, että kultaa varten materiaali täytyy jauhaa ominaispainoerotusta varten hieman liian hienoksi.

### Arseeni

Arseeni voi esiintyä neljässä eri hapetusasteessa, joista ympäristövaikutuksiltaan tärkeimmät ovat As(III) ja As(V), joista ensiksi mainittu on myrkyllisempi. Niistä As(III):n kulkeutuminen maaperän huokosvedessä on merkittävästi suurempi kuin As(V):n. Miten alueen maalajit käyttäytyvät olisi ollut mitattavissa (esim. Hu et al.2012). Arseeni (V) voi pelkistyä orgaanisen peitteen alla rikastushiekassa As(III):ksi ja muuttua merkittävästi liikkuvammaksi vuosien kuluessa (Pactunc 2013).

Kanadan CCME:n mukaan vedenlaadun tulisi olla (taulukko 8-18)parempi kuin  $5\ \mu\text{g}/\text{l}$  As.

Arseenin kulkeutuminen olisi otettava YVA:ssa huomioon, varsinkin kun esitetty rikastushiekka-allas tulisi rakennettavaksi viettävään rinteeseen eikä siihen olla suunnittelemassa erityistä eristävää pohjaa. Tällöin on olemassa mahdollisuus, että As(III) kulkeutuu Hangaslammen puron suunnassa kohti Käylän kylä Kitkajoen eteläpuolista osaa. Sama kommentti voidaan myös esittää uranyyli-ionin (uranyyliyhdisteiden) osalta.

Arseenista todetaan (s90), että As(III) saostetaan ferro- tai ferrisulfaatilla niukkaliukoiseksi As(V) rautahydroksidiksi (*todellisuudessa ferriarsenaatti  $\text{FeAsO}_4$* ). Sitä ei kuitenkaan mitenkään esitetä miten ko. liki kolloidinen<sup>13</sup> materiaali käyttäytyy ja mitä sille tehdään (kts myöh.). Tässäkin kohdassa voidaan todeta, että mitään kokeellista työtä asian selvittämiseksi ei ole tehty tai esitetty.

---

<sup>13</sup> kolloidi on materiaali, jonka koko on alle 0,001 mm. Laskeutumisnopeus on noin 3 mm/h. Kooltaan  $10\ \mu\text{m}$  hiukkanen laskeutuu n 300 mm/h



## Prosessi

### *Teollinen prosessi*

Prosessi on kuvattu hyvin pinnallisesti. Perustuen tavanomaisiin alalla käytössä oleviin teknologioihin voidaan esittää alla oleva yksityiskohtaisempi kuvaus. Murskaus tehdään tyypillisesti kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa, usein erillisessä kevyessä katoksessa, pienennetään kuorma-autolla tuotu kaivoksen louhe noin 50-80 mm kokoon. Tällöin syntyy pölyä noin 0,05% massasta. Tämä kohta on eräs suurimmista maastoon leviävän pölyn lähteistä. Sen sijoituspaikalla on merkitystä syntyviin päästöihin.

Karkea murske jatkomurskataan erillisessä murskausrakennuksessa kahdessa vaiheessa lopulliseen 10-15 mm hienouteen, joka tuottaa massasta noin 0,5-1% pölyä. Tämä kuitenkin on edellistä pölylähdettä helpommin hallittavissa, koska kivi on tyypillisesti siiloissa ja katetuissa kuljettimissa.

Murskauksen jälkeen malmi jauhetaan kaksivaiheisesti myllyssä märkänä hienouteen, joka on tyypillisesti 80% hienompaa kuin 0,08 mm. Vettä käytetään noin 3-4 m<sup>3</sup>/malmitonni.

Mineraalikuvausten perusteella vaahdotus täytyy tehdä joko hieman emäksisessä (pH 8-9) tai neutraalissa (pH 7) pH:ssa. Luonnostaan mineraaliensa perusteella malmiliete on hieman hapan. pH:n korotukseen täytyy käyttää lipeää, koska kalsiun (Ca<sup>2+</sup>) ioni heikentää kiisujen saantia. Vaahdottamalla saadaan kullasta rikasteeseen noin 90% YVA:n mukaan ja sen pitoisuudeksi 30-40 g/t Au<sup>14</sup>. Tämä tarkoittaa noin 60 000 tonnia vuodessa kuten on esitetty. Silloin magneettikiisusta ja rikkikiisusta tulee rikasteeseen valtaosa. Tämän perusteella on merkittävä ympäristövaikutusten ero sillä jatketaanko prosessia paikan päällä vai ei.

Taulukon 7.2 mukaan kokoojana<sup>15</sup> käytetään Aerophine 3418 A (Na-di-isobutyylidi-tiofosfinaatti), jonka vesikirppujen (Daphnea) 50% kuolleisuus saavutetaan 149 mg/l tasolla ja lahnojen (Bluegill) 50% kuolleisuus 375 mg/l tasolla. Levien kasvua se ehkäisee 35 mg/l pitoisuudessa (Aerophine turvallisuustiedote) .

Toinen kokooja on Danafloat 468 (CAS 53378-51-1), josta on hyvin vähän tietoa turvallisuustiedotteissa. ECHA:n raportissa todetaan, että ei ole biohajoava. Daphnialle esitetään rajoja 10-100 mg/l. (European Chemical Agency, Danafloat turvallisuustiedote)

Sivulla 67 esitetään myös Natriumisobutyylisantaattia käytettäväksi. Sen 50% kuolleisuus kirjolohen (Salmo Gairdnerii) poikasiin on 18-20 mg/l. (Fuerstenau et al 1975).

Tämän vaiheen kemikaalikulutus on tyypillisesti noin 30-200 g/tonni kiintoainetta. Tämä vastaa konsentraatiota 10-60 mg/l. Iso osa kemikaaleista kiinnittyy mineraalien pintaan, joten prosessin lopussa konsentraatiot ovat matalampia.

---

<sup>14</sup> kirjoittajan arvio

<sup>15</sup> kokooja on kemikaali, joka tarttuu halutun mineraalin pintaan ja auttaa sitä kiinnittymään nesteeseen puhallettuihin ilmakupliin. Kuplat nostavat mineraalin astian pinnalle vaahdoksi, josta se kerätään talteen.

Jäännöskemikaalien mittaaminen sovelluskokeista on rutiinimittaus ja on hämmästyttävää, että sellaisia ei ole tehty.

Mitään asiallista arviota vesien sisältämistä kemikaalijäämistä ei ole esitetty eikä siten myöskään mitään merkityksellistä riskiarviota ole voitu esittää. Ei voida millään tilastollisen luottamuksen tasolla todeta, että vaikutuksia ei poikkeustapauksissakaan olisi.

Jos rikaste myydään ja kuljetetaan pois, niin rikastusjätteen rikkipitoisuus on melko alhainen. YVA:ssa ei tule selvitettyksi miten paljon ja minkälaista kiisua vaahdotuksen jätteessä on ja mikä jätteen potentiaali on muodostaa happoa. Yksi kilo thiosuoloja<sup>16</sup> tuottaa 0,67-1,33 kg rikkihappoa (Rolia ja Tan, 1984). Tällä on merkitystä sikäli, että ehdotettu jätealue tulisi sijaitsemaan rinteessä alueella, jossa YVA:n mukaan on vettä hyvin johtava paksu hiekka-sora-moreenikerros. Kuten on todettu käsiteltäessä sivukivikasoja, ei toteamuksella ympäristövaikutusten vähäisyydestä ole riittävää todistus pohjaa kaikkien mittaustietojen puuttuessa.

### **Syanidointi**

Jos paikanpäällä jatketaan kullan käsittelyä syanidiliuotuksella, ovat ympäristövaikutukset merkittävästi suuremmat kuin vaihtoehdossa, jossa kultarikaste myydään ja kuljetetaan pois paikalta autoilla. YVA ei ole pystynyt erottamaan näiden eri teknisten vaihtoehtojen vaikutuksia.

YVA:n kuvan 7-7 mukaan kultarikasteen mukana menee 20-35% uraanista. Jos liuotusvaihtoehto toteutuu, jää kaikki uraani alueelle ja pitoisuus jätteessä on käytännössä täysin sama kuin louhitussa malmassa.

### **Syanidi**

Syanidiliuotus tehdään pH:ssa 11 liuoksessa, jossa on 0,02-0,05% syanidia (NaCN). Syanidin tyypillinen kulutus on 0,2-0,3 kg liuotettavaa rikastetonta kohden. Arseni hidastaa reaktiota huomattavasti. Lopputulemana on syanidiliuos, jossa kulta on liuenneena ja jäännöslieite, jossa ovat kaikki kiisut ja muu mineraaliaines eli lähes koko liuotukseen mennyt 60 000 tonnin massa. Tämä lieite sisältää vettä noin 20000 m<sup>3</sup>/vuosi. Lieite pestään kultapitoisesta syanidiliuoksesta kahdessa tai kolmessa vaiheessa ns. vastavirtapesuna. Lietteen syanidipitoisuus on alhainen, mutta kuitenkin se pitää puhdistaa. Syanidiliuoksen aiheuttama 50% kuolleisuus kirjolohelle aiheutuu konsentraatiolla 0,05-0,075 mg/l liuosta.

Huolimatta siitä, että kaivosjäteasetus toteaa, että syanidipitoisuuden tulee olla jätealueelle kasattaessa alle 0,001 painoprosenttia (10mg/l), ei mitään kokeellista dataa ole YVA:ssa saatavissa. Muiden laitosten data ei ole mitenkään relevanttia. Mielenkiintoista on todeta YVA:n syanidin vähättely sivulla 276: ”*Kiinteänä jauheena toimitettava syanidi ei pääse mahdollisessa kuljetusonnettomuudessa vuotamaan pohjavesiin vaan se voidaan kerätä talteen*”(sic!). Syanidi on

---

<sup>16</sup> Thiosuolat ovat rikin eri hapettumisasteissa muodostamia SO<sub>2</sub><sup>-</sup> anionin sisältäviä yhdisteitä.

vesiliukoinen aine, jota liukenee 480 g/l (10°C)! Se on myös hygroskooppista ja neutraalissa ja happamassa vedessä hajoaa syaanivety-kaasuksi, joka on erittäin myrkyllistä. (syanidin käyttöturvallisuustiedote).

Samoin YVA toteaa sivulla 63: ” *Syanidiliuotuksen jäännöslietteessä oleva syanidi tuhotaan INCO-menetelmän avulla. INCO-prosessi perustuu vapaan syanidin ja tiosyanaatti-anionin hapettamiseen syanaatiksi rikkidioksidin ja hapen avulla. Myös metallisyaniidiyhdisteet hajoavat prosessissa. Rikkidioksidikaasu valmistetaan natriummetabisulfiitista ja sitä annostellaan säiliöön syanidia vastaava määrä. INCO-menetelmä on luotettava ja käytössä lukuisilla kultakaivoksilla niin Suomessa kuin muuallakin*”. Australialaiset CSIRO:n tutkijat (Hewitt et al 2012 ja Breuer et al 2012) toteavat, että ongelmat sulfiitin syötössä tai ilman liian vähäinen lisäys lopettavat syanidin hapettumisen. He toteavat, että prosessi ei ole kovin helppo hallittava. Vain noin 10% tiosyanaatista hapettuu. Jäännöspitoisuustavoitteen ollessa alle 50 mg/l on CSIRO:n mukaan metabisulfiitin määrän oltava 200-350% teoreettisesta määrästä. Tässä voidaan toistaa aikaisemminkin esitetty huomio siitä, että YVA perustuu liikaa oletuksille, kun tässäkin tapauksessa olisi ollut varsin helppoa testata INCO prosessin tuottama syanidin jäännöspitoisuus.

Syanidin ympäristövaikutusten mahdollisten riskien osalta voi todeta YVA:n olevan hyvin ylimalkainen ja jopa virheellinen ja vähättelevä.

Koska sulfaatti ioni on ongelma kullan syanidiliuotuksessa, on sillä merkittävä vaikutus veden kierrätykseen (kts myöh.).

Ei ole hyväksyttävää, että käytettävien kemikaalien julkisesti saatavilla olevien turvallisuustiedotteiden antamia tietoja ei ole YVA:ssa käytetty hyväksi.

### **Pöly**

YVA:ssa ei ole esitetty syntyvien pölyjakeiden ominaisuuksia tai poistotapaa. Siinä todetaan, että pöly ei leviä 500 metriä kauemmaksi ja ei ole oletettavissa haitallisia PM10 hiukkaspitoisuuksia sitä kauempana. YVA:n kohta 9.9.8 toteaa, että pölypäästöjä ei ole tarkasteltu tuulitietojen perusteella; myöskään alueen tuulista ei ole selvitystä, mutta sivulla 197 todetaan, että Kuusamon lentokentän vallitseva tuulien suunta on lounaasta ja lännestä.

Merkittävimmät pölyn lähteet ovat primäärimurskaus, sivukivikasat, itse louhos erikoisesti matalana alkuvaiheessa ja osin rikastushiekka altaat . Primäärimurskaus on suuri pölyn päästölähde. Todennäköinen primäärimurskauksen paikka on Juomasuon louhoksen ja tuotantolaitoksen välissä. Kitkajoki on tällöin noin kilometrin päässä lounaisen tuulen suunnassa. Louhokselta matka on sitäkin lyhyempi. Sivukivikasat tulisivat sijaitsemaan alle kilometrin päässä Kitkajoelta etelään ja aivan Hangaslammin puron vieressä.

Kun otetaan huomioon edellä esitetyt kalliopenkereestä tehdyt säteilymittaukset (STUK muistio, Markkanen 1991) ja YVA:ssa esitetyt malmin ja Co mineralisaation pitoisuudet, voi pölyn olettaa olevan merkittävä työhygieniä ja ympäristöhaaste erikoisesti As ja U pitoisuuksiensa vuoksi (kts edellä).

Olisi ollut suotavaa, että pölyn leviämisestä ja ympäristövaikutuksista olisi tehty tarkempi analyysi perustuen Juomasuon malmista syntyvän pölyn ominaisuuksiin. Varsinkin murskauksessa syntyvän pölyn osalta mittaukset olisi helpostikin voinut suorittaa. Erikoisesti Käylän kylän Kitkajoen eteläpuolisen osan ja kaivosalueelta koilliseen (kts tuulen suunnat) kohdalla tarkempi analyysi olisi ollut ehdottomasti tarpeen.

Vaikka pöly ei leviäsikään kovin kauas päästökohteestaan, niin maastolaskeuma aiheuttaa liuetessaan ja kumuloituessaan hajapäästölähteen, jota on vaikea hallita.

YVA:n tietojen perusteella ei voida vetää johtopäätöksiä pölyn ympäristövaikutuksista. Pölyssä ei ole kysymys pelkästään PM10 hiukkaspäästöstä vaan myös leviämismekanismista, jolla on mahdollisuus tuottaa vaikeasti hallittavia As ja U (ja Co) päästöjä.

## Vesitase

Vaahdotus prosessi käyttää vettä vähintään 3 kuutiometriä (tyypillisesti 4) vettä jokaista käsiteltävää kivitonnin kohden. Jos tuotanto on 500 000 t/v, niin laitoksen veden tarve on noin 2 000 000 m<sup>3</sup>/vuosi. Tästä vedestä voi tässä tapauksessa iso osa olla kierrätettyä. Jos syanidilaitos tulee rakennettavaksi, laskee veden kierrätys merkittävästi.

YVA toteaa (sivu 315), että teollisuusalueeksi tulee vaihtoehdossa VE1 yhteensä noin 360 ha. Toiminnan vakiinnuttua on kaikki vesi, joka alueelle sataa, myös sieltä poistettava. YVA:ssa tulisi perustella, miksi vesistöön johdettavat määrät viittaavat normaalivuosina 75-150 mm sadantaan ja sateisenakin alle 200 mm sadantaan. Oletetaanko YVA:ssa, että suuri osa (laskennallisesti siis liki 80%) teollisuusalueelle satavasta vedestä pääsee keräämättä suoraan luontoon vai oletetaanko haihdunnan olevan Kuusamossa näin suurta?

Toimintojen sijoituspiirustuksesta ja alueen topografiasta johtuu, että pääosa sadannasta ei tule alueille, joiden voi sanoa olevan sellaisia, että vedet voidaan laskea luontoon sellaisenaan. Oikeastaan vain Pohjasvaaran etelärinteeseen voi sanoa olevan sellaisen. Se on koko alueesta ja sadannasta kymmenisen prosenttia. Oletusarvoisesti siis 90% sadannasta täytyy puhdistaa. Keskisadannalla 600 mm/v on kokonaissadanta<sup>17</sup> 360 ha alueelle noin 2,1 milj. m<sup>3</sup>, josta hulevesialtaaseen täytyy johtaa n 1,6 milj. m<sup>3</sup>. Loppu 0,35 milj. m<sup>3</sup> sataa jätealueelle<sup>18</sup>. Jos sadanta on poikkeuksellisen suuri (900mm/v) niin hulevesialtaaseen tulee johdettavaksi 2,4 milj. m<sup>3</sup>. Jos suunniteltu hulevesialtaan pinta-ala on 60000 m<sup>2</sup> (6ha kartassa, 5 ha sivulla 84) rinteessä, jonka kaltevuus etelään on yli 5 metriä, niin patokorkeudeksi tulee kuukauden viipymääjällä etelässä liki 10 metriä. (=24000 m<sup>3</sup>). Huomattava on,

---

<sup>17</sup> Näissä laskelmissa ei ole otettu huomioon haihduntaa, koska on katsottu sen muodostavan sopivan turvavaran. Haihdunta Kuusamossa lienee n 30% sadannasta (?).

<sup>18</sup> Tässä on letettu, että sivukiven läjityksestä suotautuva vesi voitaisiin johtaa hulevesialtaalle, mikä ei ole itsestään selvyyttä, mutta siihen ei YVA:n perusteella voi ottaa kantaa.

että sateet keskittyvät keskikesään, jolloin on mahdollista sataa yli 100 mm/kk. Suurimmat päivittäiset sademäärät (sivu 197) ovat olleet 62 mm/vrk. Tämän perusteella täytyisi hulevesialtaan kyetä vastaanottamaan kuukausitasolla jopa 350000m<sup>3</sup> vettä. Padon etelässä tulisi olla yli 12 m korkea (!) tai viipymäaika laskee kahteen viikkoon, mikä ei riitä hienoaineksen laskeutumiseen.

Hulevesien käsittelyn kuvaus on hahmotelma-asteella ja sen ristiriidat eivät mahdollista kunnollista analyysiä hulevesien tuomasta ympäristövaikutuksesta ja mahdollisista riskeistä Välilammen puroon ja Kurtinjärveen.

Prosessiveden käsittely on liki kuvaamatta ja siihen on mahdoton ottaa kantaa. Rikastamo käyttää vettä noin 2 milj. m<sup>3</sup> vuodessa prosessiin. Todennäköisesti veden kierrätys voidaan pitää korkeana, esim. YVA:n esittämässä 80%:n arvossa. YVAssa esitetään seuraava huomio *"Prosessivesien kierrätys on tehokasta ja arvion mukaan vesi johdettaisiin luontoon satunnaisesti noin kolmen vuoden välein, jolloin johdettava määrä olisi luokkaa 300 000 m<sup>3</sup> vuotta kohden"*. Tästä voi saada merkittävästi väärän kuvan tilanteesta eikä arvio perustu mihinkään YVA:ssa esitettyyn faktaan. Huomioitava on, että sadevettä tulee vuositasolla rikastehiekka-altaisiin normaalina vuonna 0,35 milj. m<sup>3</sup> ja sateisena vuonna 0,5-0,6 milj. m<sup>3</sup>. Nämä määrät on vuositasolla puhdistettava. Tämä vesi tulee pitkälti suotautumaan hiekan läpi. Haasteiksi nousevat magneettikiisun aiheuttama sulfaatti, arseeni ja uraani sekä kemikaalijäämät. Jotta edellä esitettyyn väittämään päästään, tulisi vettä pystyä varastoimaan liki 3 milj m<sup>3</sup>. Se edellyttää 14 ha altaalta 2,2 m keskisyvyyttä.

Jos syanidointiin päädytään, niin puhtaan veden tarve nousee, koska sulfaattipitoista vettä ei syanidointiin voi käyttää. Hyvin karkeana arviona, mikä ei perustu mittauksiin, voi sanoa, että tuoreveden määrä nousee suuruusluokkaan 600 000m<sup>3</sup>/v. Se tarkoittaisi edellä esitettyihin veden purkumääriin noin 500 000m<sup>3</sup>/v lisäystä.

Ajatellut 44 ha rikastehiekka allas ja sen viereen suunniteltu 14 ha vesiallas ovat nekin etelään viettävässä rinteessä, mutta eivät yhtä jyrkässä kohdassa kuin hulevesiallas. Kuvien perusteella rikastehiekka altaan suunnitellulta eteläreunalta on liki 10m nousu altaan pohjoisreunalle. Vastaavasti vesialtaalla korkeusero on 3-4 metriä. Edellä esitetyn vesikapasiteetin saavuttamiseksi on siis altaan eteläreunan pato 5-6 metriä korkea.

YVA:n perusteella ei voi kierrätysasteesta ja puhdistettavaksi joutuvan veden laadusta tehdä arvioita. Muiden kaivosten lupa-arvoilla ei ole merkitystä. Vanhan koelouhoksen veden laadulla ei myöskään ole paljoa merkitystä, koska ensinnäkin se on ehtinyt asettua johonkin kemian kinetiikan tasapainoon, missä tasapainossa vaahdottamosta tuleva kiintoainetta sisältävä liete ei ole. Sen pH ja potentiaali ovat erilaiset. Toiseksi aineiden liukeneminen veteen riippuu aineen veden kanssa

kosketuksessa olevasta pinta-alasta. Vaahdottamosta tulevassa lietteessä on kiintoaineen ominaispinta ala on jopa  $10^9$  -kertainen verrattuna kallioseinaan<sup>19</sup>.

## Vesien puhdistaminen

Eräs vesienkäsittelysuunnitelman merkittävä kohta on Välilamminsuolle perustettava pintavalutuskenttä. YVA tuntuu varauksettomasti oletettavan, että ko. kenttä toimii. Siitä ei kuitenkaan arseenin ja uraanin osalta esitetä mitään tutkimuksellista tai tieteelliseen kirjallisuuteen perustuvaa näyttöä. Koska kasvukausi alueella on 130-140 pv vuodessa (s 167) ja lumi maassa noin 200 pv (s 197) ei voida olettaa pintavalutuskentän parhaimmillaankaan olevan toiminnallinen kuin 3-4 kk vuodessa. Tämä tarkoittaa, että kentän kautta olisi kesän toiminnallisena aikana laskettava jopa 3 milj  $m^3$  vettä (koko vuoden kertymä sateisena vuonna). Kun Välijoen keskivirtaama on arvioitu 0,23  $m^3/s$  olisi pintavalutuskentän kautta tulossa puroon jopa 0,35-0,4  $m^3/s$ . Jos syanidointia käytettäisiin voi tämä luku nousta 15%.

Useimmat metallit voidaan poistaa vedestä esim. kalkkisaostuksella. Metallien kuten Cu ja Co osalta saavutetaan puhdistustulos, joka on kelvollinen. Kuten YVA toteaa, voidaan As saada saostumaan ferriarsenaattina, jolloin jäännöspitoisuudeksi saadaan n 0,5 mg/l (Viinikka 2012). Tätä tulee verrata Kanadalaiseen (CCME) raja-arvoon 5  $\mu g/l$  As. Tämä tarkoittaa laimennussuhdetta 1:100. Kuvan 8-14 mukaisesti Kitkajoen virtaama keväällä Käylän kohdalla on 10-15  $m^3/s$ , nousten kesäkuussa arvoon 20-35  $m^3/s$ . Jos As puhdistus toimii halutusti, niin edellä esitetyllä laimenemissuhteella olisi Välijokeen mahdollisesti menevän virtaaman (kts ed. kappale) volyyymi varsin lähellä riskirajaa. Tästä syystä ei arseenin vaikutuksista saa YVA:sta selkeää kuvaa.

Arseenin osalta voidaan myös todeta, että sedimenteistä löytyneiden As ja Co anomaalisten pitoisuuksien ja edellä esitetyn laimennuksen kriittisyyden perusteella olisi sivun 259 toteamus mm arseeni haitan lyhytaikaisuudesta, jos 32000 $m^3$  puhdistamatonta vettä pääsee vesistöön, perusteltava merkittävästi paremmin.

Uraanin ongelma puhdistuksessa on se, että se esiintyy niin monessa hapettumisasteessa.

YVA:ssa esitellään myös uraanin poiston tapahtuvan uudella aminobisfosfonaatteihin perustuvalla LiMe menetelmällä. Menetelmälle on haettu patenttia 2012 (Turhanen et al 2012), joten se ei liene vielä kehitykseltään teollisuustasoinen, mutta toki erittäin mielenkiintoinen.

Kalkkisaostuksella jää sulfaattipitoisuus suuruusluokkaan 1500-2000 mg/l. (kipsin liukoisuustulosta laskettu teoreettinen raja on 1000 mg/l). Hydroksidisakat tulee

---

<sup>19</sup> Massassa olevien kappaleiden pinta-ala kasvaa 1000 kertaiseksi, kun koko pienenee kymmenenteen osaan.

varastoida jonnekin. Varautuminen komiarvoisen alumiinin lisäykseen veden puhdistuksessa (ettringiittisaostus) mahdollistaa sulfaatin hallinnan, mutta johtuen hitaasta reaktionopeudesta vaatii puhdistuslaitoksen.

Sakoille (arsenaatti, ettringiitti, kipsi ja metallihydroksidit) tarvitaan kunnollinen pohjaeristetty varastoallas, mitä ei ole YVA:ssa mitenkään huomioitu.

Vaihtoehdot, jossa tuotantolaitos on muualla kuin Juomasuon kaivospiirin alueella, ovat vesitaseen suhteen ala-arvoisia. Laitos tulee vaatimaan joka tapauksessa sen 1,2 milj m<sup>3</sup> vettä ja siihen liittyvät varastointi ja puhdistusjärjestelmät ja lisäksi sadanta louhosten alueella tulee erikoisesti arseenin ja uraanin takia puhdistaa.

## Riskiarvio

YVA:n riskiarvio on käytännössä täysin tekemättä. Periaatteessa riskiarviossa on kaksi osaa riskien todennäköisyys ja niiden vakavuus. Mitään tästä ei ole YVA:ssa.

Merkittäviä riskejä ovat erikoisesti pato-onnettomuudet, joiden todennäköisyys on pieni, mutta seuraamukset erittäin vakavia. Alueen topografia on erittäin vaativa patoturvallisuuden kannalta. Alueen ahtaus ja sen korkeuserot tekevät mahdollisten patovuotojen hallinnan erittäin vaativaksi ja nostavat merkittävästi Kitkajokeen tapahtuvaa päästöriskiä. Historiatiedon valossa patoriski poikkeaa nollassa niin paljon, että sitä ei olisi tullut jättää huomiotta ja sellaisen tapahtuman ympäristövaikutukset olisi pitänyt YVA:ssa arvioida.

Toinen merkittävä riski on tulipaloriski, joka myös on historiassa kaivoksilla toteutunut. Esim. ksantaatti on sopivassa kosteudessa itsekuumeneva ja kosteuden ajamassa hajoamisessa syntyvä H<sub>2</sub>S on palava kaasu. Myös räjähdysmäinen palo on mahdollinen. (kts esim ksantaatti materiaaliturvallisuustiedote). Ksantaattipalossa syntyy mm lipeää, mikä on tappanut kaloja mm. Kalajoen varressa tapahtuneessa palossa.

Sekä kemikaalien ekotoksisuus ja paloriski ovat sitäkin tärkeämpiä, kun Hangaslammeesta johtaa puro suoraan Kitkajokeen.

Vaikka sitä ei samanlaisena riskinä voikaan pitää kuin edellä esitettyjä äkillisiä tapahtumia, olisi pölystä aiheutuva kumulatiivinen hajapäästö niin As kuin U osalta myös ansainnut käsittelyn YVA:ssa.



Kari Heiskanen  
TkT, professori

## Viitteet

Breuer P., Jeffery C. ja Meakin R. 2012, Fundamental investigations of the SO<sub>2</sub>/air, peroxide and Caro's acid cyanide destruction processes. XXV IMPC, Australia.

CCME, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life- Arsenic

CCME, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life- Uranium

Fuerstenau M., Wakawa B M., Price R.K. ja Wellik R.D. 1974, Toxicity of selected Sulfhydryl collectors to rainbow trout. *SME Transactions*, Vol 256.

Hewitt D., Breuer P. ja Jeffery C. 2012, Cyanide detoxification of cyanidation tails and process streams.

Hu Q.H., Sun G.X., Gao X. B. Ja Y.G. Zhu, 2012, Conversion, sorption and transport of arsenic species in geological media. *Applied Geochemistry*, **27**, 2197-2203.

Pactunc D. 2013, Mobilization of arsenic from mine tailings through reductive dissolution of goethite influenced by organic cover. *Applied Geochemistry*, **36**, 49-56.

Langmuir, D., 1978. Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits. *Geochim. Cosmochim. Acta* **42**, 547-569.

Markkanen M. 1992, Säteilymittaukset Juomasuon louhoksessa (STUK muistio)

STUK-B-STO 32: Radiation Dose Assessments for Materials with Elevated Natural Radioactivity

Pankka H. 1989, Kuusamon Juomasuon Co-Au-esiintymän malmitutkimukset vuosina 1985-1989. *GTK:n tutkimusraportti M19/4613/-89/1/10*.

Rolia, E. and Tan, K. G. 1984. 'The oxidation of thiosulphate by hydrogen peroxide in alkaline solution'. *Division Report MRP/MSL 84-84 (TR), CANMET Mineral Sciences Laboratories*.

Turhanen P., Peraniemi S. ja Vepsäläinen J. , 2012, patenttihakemus WO/2012/131170, "Method for collecting metals".

Vanhanen E. 1992, Tutkimustyöselostus Kuusamon kunnassa valtausalueella Juomasuo II, Kaiv. rek. N:O 4432/1 tehdyistä malmitutkimuksista. *GTK:n tutkimusraportti M06/4613/-92/1/10*.



Vanhanen E. 2001, Geology, mineralogy and geochemistry of the Fe-CoAu-(U) deposits in the Paleoproterozoic Kuusamo Schist Belt, northeastern Finland. *Geol. Survey of Finland Bulletin no 399*.

Viinikka P, 2012, Vesienpuhdistusmenetelmät kaivosteollisuudessa, seminaariesitelmä, kaivosvesiseminaari, Oulun Yliopisto.