

Vastaanottaja  
**Boliden Kevitsa Mining Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Raportti**

Päivämäärä  
**27.2.2018**

Viite  
**1510031322-002**

# **BOLIDEN KEVITSA MINING OY**

## **SIVUKIVIJAKEIDEN**

### **TARKKAILU VUONNA 2017**



**BOLIDEN KEVITSA MINING OY  
SIVUKIVIJAKEIDEN  
TARKKAILU VUONNA 2017**

Päivämäärä **27.2.2018**  
Laatija **Pauliina Salonen, Hanna Tolvanen**  
Tarkastaja **Katariina Koikkalainen**

Viite **1510031322-002**

*Kannen kuva: Sivukivialue. Boliden Kevitsa Mining Oy.*

## SISÄLTÖ

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>JOHDANTO</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>NÄYTTEENOTTO JA LAADUN TARKKAILU</b>           | <b>1</b>  |
| <b>3.</b> | <b>TUOTANNON ANALYYSIT</b>                        | <b>2</b>  |
| <b>4.</b> | <b>KOKONAISPITOISUUDET</b>                        | <b>2</b>  |
| <b>5.</b> | <b>HAPONTUOTTOKYKY</b>                            | <b>6</b>  |
| 5.1       | Kaivannaisjätteiden hapontuottokyky ja luokittelu | 6         |
| 5.2       | Analyysitulokset                                  | 8         |
| <b>6.</b> | <b>EPÄVARMUUSTARKASTELU</b>                       | <b>13</b> |
| 6.1       | Sivukivijakeiden laatu                            | 13        |
| <b>7.</b> | <b>YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDE-ESITYKSET</b>    | <b>13</b> |
|           | <b>LÄHTEET</b>                                    | <b>15</b> |

## LIITTEET

### Liite 1

Labtium Oy, analyysitulokset

## 1. JOHDANTO

Boliden Kevitsa Mining Oy:n Kevitsan kaivoksella muodostuu louhinnan yhteydessä kaivannaisjätteeksi luokiteltavaa sivukiveä. Sivukivet jaetaan kolmeen eri luokkaan, joita ovat tarvekivi (Usable Waste USW, rikkipitoisuus <0,3 %), normaali sivukivi (Unusable Waste UNW, rikkipitoisuus 0,3–0,8 %) sekä kapseloitava sivukivi (Captured Waste CW, rikkipitoisuus >0,8 %). Sivukiviluokista tarvekivi sekä normaali sivukivi luokitellaan happoa muodostamattomiksi sivukiviksi (NAF) ja kapseloitava sivukivi mahdollisesti happoa muodostavaksi sivukiveksi (PAF).

Tarvekiveä hyödynnetään kaivospiirin alueella tehtävässä rakentamisessa ja normaalia sivukiveä kaivosalueen rakentamiseen liittyvissä täytöissä, joissa kiviaines sijoitetaan pysyvästi maavesi- tai pohjavesipinnan alapuolelle. Kapseloitava sivukivi erotellaan louhinnan aikana ja sijoitetaan hallitusti sivukivialueelle joko normaalin tai tarvekiven ympäröimänä. Vuonna 2017 sivukiveä louhittiin yhteensä 34,0 Mt, josta kapseloitavaa sivukiveä oli 7,4 Mt, normaalia sivukiveä 14,5 Mt ja tarvekiveä 12,1 Mt.

## 2. NÄYTTEENOTTO JA LAADUN TARKKAILU

Kevitsan kaivoksella muodostuvien sivukivien laatua tarkkaillaan sekä kaivoksen tuotannon yhteydessä, että tuotantovaiheen tarkkailuohjelman (*Ramboll; FQM Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma, 2.10.2015 täydennys*) mukaisesti. Tarkkailuohjelman mukaisella näytteenotolla ja analyyseillä varmistetaan tuotannon tarkkailun laatu sekä sivukivien ympäristökelpoisuus.

Kaivoksella louhittavasta kentästä muodostetaan timanttikairaus ja RC (reverse circulation eli käänteishuuhtelu) - näytteiden perusteella tietokoneavusteinen 3D-malli tuotannon suunnittelua varten. Mallin perusteella määritellään rajat malmille ja eri sivukivijakeille. RC-poraus tehdään malmista ja sen läheisyydessä säännölliseen ruudukkoon 15 m reikävälillä. Kauempana malmista porausta tehdään tilanteen mukaan soveltaen yleensä suuremmalla reikävälillä. Porattavat reiät ovat pystysuoria ja niiden pituus on yleensä noin 36 m, jolloin kukin reikä antaa tietoa syvyysuunnassa kolmelta eri louhintatasolta. Rei'istä otettavien näytteiden pituus on 3 m. RC-porausnäytteet kattavat näin ollen malmin ja sitä ympäröivän sivukiven säännöllisellä näyteverkolla sekä vaaka- että pystysuunnassa.

Räjätettävän kentän eri sivukivijakeista otettavien näytteiden määrä ja sijainti suunnitellaan kentän lastaussuunnitelman perusteella. Suunnitelmassa on esitetty eri jakeiden määrät tonneina, minkä perusteella määritetään tarvittavat näytemäärät. Suunnitelmassa on lisäksi esitetty sivukivijakeiden sijainti kentän sisällä ja louhoksessa. Suunnitelman perusteella nähdään, mitkä RC-reiät on porattu ko. räjäytyskentän eri sivukivijakeiden alueelle. Analyyseissä käytettävät RC-näytteet valitaan näistä rei'istä siten, että ne kattavat mahdollisimman tasaisesti jakeiden alueen sekä vaakatasolla että syvyysuunnassa. Näytteiden valinnan suorittavat geologit. Sivukivinäytteet kootaan kunkin kuukauden aikana louhittuihin sivukivikenttiin poratuista RC-porausrei'istä. Kuukausinäytteissä käytetään keskimäärin 70–80 RC-näytettä. Tuotannon analyysejä varten otettavien näytteiden määrät riippuvat louhittavan sivukiven määrästä. Kuukausikokoomänäytteeseen käytetään keskimäärin kaksi näytettä 100 000 sivukivitonnia kohden, mikä vastaa noin 50 x 50 metrin laajuista ja 12 metriä korkeaa louhintapengertä. Osa otetuista näytteistä säästetään esimerkiksi tulevia tutkimustarpeita varten.

Näytteenkäsittelijät kokoavat eri sivukivijakeiden kuukausinäytteet arkistoiduista RC-näyteampulleista. Kunkin sivukivijakeen kuukausinäyte saadaan yhdistämällä sitä varten valitut RC-näytteet. Tällöin kustakin näyteampullista otetaan sama määrä näytettä, jotta näytteiden painotus on sama, näytteet yhdistetään ja homogenisoidaan.

Tuotantovaiheen tarkkailuohjelman mukaiset kuukausinäytteet otettiin vuonna 2017 tarvekivestä, normaalista sivukivestä sekä kapseloitavasta sivukivestä. Määritykset otetuista näytteistä tehtiin tarkkailuohjelman mukaisesti. Määritykset tehtiin Labtium Oy:n laboratoriossa. Laboratorion analyysitodistukset on esitetty raportin **liitteessä 1**.

### 3. TUOTANNON ANALYYSIT

Kaivoksen tuotannon aikaisista näytteistä analysoidaan pöytämallisella XRF-laitteella mm. kokonaisnikkelin, sulfidisen nikkelin, kuparin ja rikin pitoisuuksia. Seuraavassa taulukossa on esitetty tuotannon tarkkailun tulokset vuodelta 2017.

**Taulukko 3-1. Sivukivien tuotannon tarkkailun tulokset painotettuina keskiarvoina vuodelta 2017.**

| Sivukiviluokka             | Kokonais-Ni (%) | Sulfidinen Ni (%) | Cu (%) | S (%) | Näytemäärä (kpl) |
|----------------------------|-----------------|-------------------|--------|-------|------------------|
| Kapseloitava sivukivi (CW) | 0,09            | 0,07              | 0,08   | 0,99  | 996              |
| Normaali sivukivi (UNW)    | 0,09            | 0,06              | 0,07   | 0,48  | 2 406            |
| Tarvekivi (USW)            | 0,05            | 0,03              | 0,03   | 0,18  | 2 447            |
| <b>Yhteensä</b>            |                 |                   |        |       | <b>5 849</b>     |

### 4. KOKONAISPITOISUUDET

Tarkkailuohjelman mukaisesti sivukivijakeista otettavista kuukausinäytteistä määritetään laboratoriossa kuningasvesiuutolla (ICP-OES/MS -tekniikka) metalleista kromin, kuparin, nikkelin, raudan ja magnesiumin pitoisuudet. Tutkittujen näytteiden pitoisuuksien minimi-, maksimi-, mediaani- ja keskiarvopitoisuudet on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-1). Pitoisuuksia on verrattu taulukossa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetun valtioneuvoston asetuksen (214/2007, PIMA-asetus) mukaisiin haitta-aineiden kynnys- ja ohjearvoihin niiltä osin kuin ko. arvot on annettu.

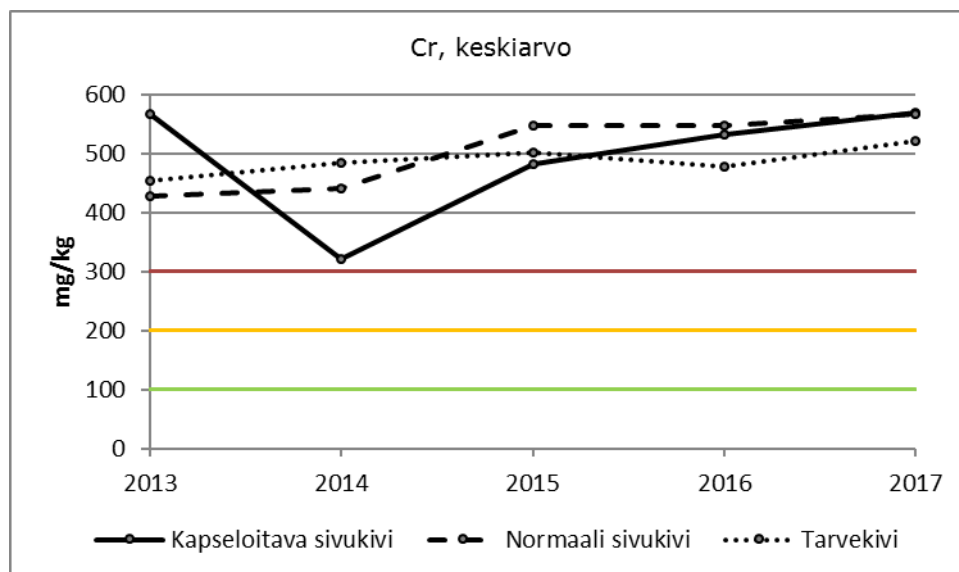
**Taulukko 4-1. Sivukivijakeiden kokonaispitoisuuksien minimi-, maksimi-, mediaani- ja keskiarvopitoisuudet vuonna 2017 sekä PIMA-asetuksen mukaiset kynnys- ja ohjearvot.**

| Alkuaine | Kapseloitava sivukivi |         |          |           | PIMA-asetus |                 |                 |
|----------|-----------------------|---------|----------|-----------|-------------|-----------------|-----------------|
|          | Minimi                | Maksimi | Mediaani | Keskiarvo | Kynnys-arvo | Alempi ohjearvo | Ylempi ohjearvo |
| Cr mg/kg | 418                   | 720     | 552      | 570       | 100         | 200             | 300             |
| Cu mg/kg | 704                   | 1 540   | 997      | 1 034     | 100         | 150             | 200             |
| Ni mg/kg | 727                   | 1 490   | 932      | 1 012     | 50          | 100             | 150             |
| Mg mg/kg | 45 200                | 67 700  | 53 050   | 53 858    | -           | -               | -               |
| Fe mg/kg | 44 000                | 63 100  | 56 850   | 55 650    | -           | -               | -               |
| Alkuaine | Normaali sivukivi     |         |          |           | PIMA-asetus |                 |                 |
|          | Minimi                | Maksimi | Mediaani | Keskiarvo | Kynnys-arvo | Alempi ohjearvo | Ylempi ohjearvo |
| Cr mg/kg | 466                   | 748     | 561      | 566       | 100         | 200             | 300             |
| Cu mg/kg | 562                   | 993     | 734      | 743       | 100         | 150             | 200             |
| Ni mg/kg | 657                   | 1 180   | 880      | 888       | 50          | 100             | 150             |
| Mg mg/kg | 41 600                | 68 500  | 51 800   | 52 017    | -           | -               | -               |
| Fe mg/kg | 43 800                | 56 000  | 48 600   | 48 775    | -           | -               | -               |
| Alkuaine | Tarvekivi             |         |          |           | PIMA-asetus |                 |                 |
|          | Minimi                | Maksimi | Mediaani | Keskiarvo | Kynnys-arvo | Alempi ohjearvo | Ylempi ohjearvo |
| Cr mg/kg | 434                   | 627     | 502      | 522       | 100         | 200             | 300             |
| Cu mg/kg | 251                   | 750     | 289      | 337       | 100         | 150             | 200             |
| Ni mg/kg | 329                   | 909     | 444      | 527       | 50          | 100             | 150             |
| Mg mg/kg | 28 700                | 56 300  | 39 900   | 41 255    | -           | -               | -               |
| Fe mg/kg | 31 200                | 48 000  | 38 100   | 38 873    | -           | -               | -               |

Kromin, kuparin sekä nikkelin pitoisuudet ylittivät kaikissa tutkituissa sivukivinäytteissä vuonna 2017 PIMA-asetuksen mukaiset ylempät ohjearvot. Kaikkien sivukivien osalta tutkittujen metallien pitoisuuksissa esiintyy kohtalaista kuukausittaista vaihtelua. Tammikuussa tarvekivestä otetun näytteen analyysituloksia ei ole huomioitu tarkastelussa näytteen ollessa epäedustava todennäköisesti näytteenotossa tai -valmistelussa tapahtuneen poikkeaman vuoksi. Todetut kuparin sekä nikkelin pitoisuudet kaikissa sivukivijakeissa ovat samaa luokkaa tuotannon tarkkailun tulosten kanssa (ks. edellä [Taulukko 3-1](#)).

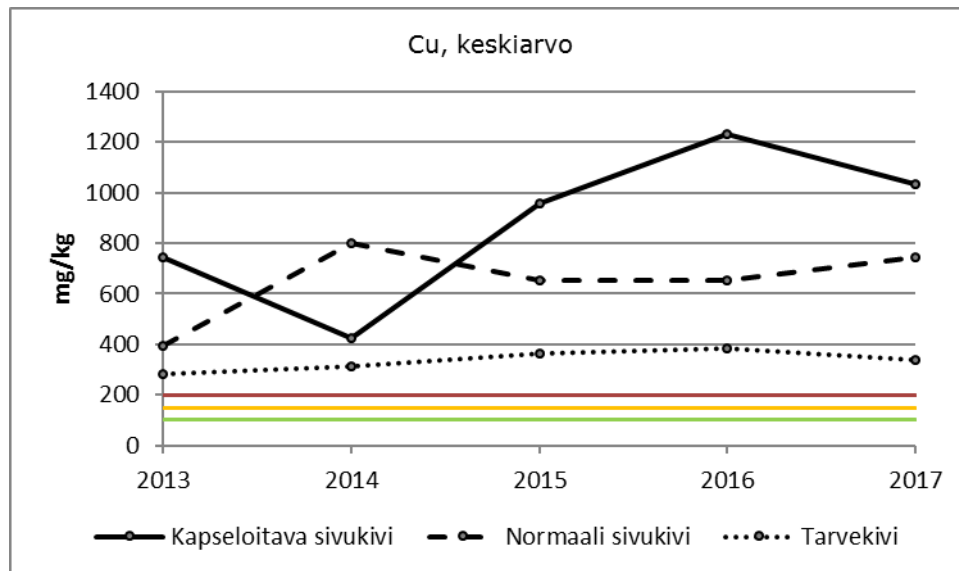
Seuraavissa kuvissa ([Kuva 4-1...Kuva 4-5](#)) on vertailtu vuonna 2017 sivukivijakeista otetuista näytteistä tutkittujen metallien kokonaispitoisuuksien keskiarvoja vuosien 2013–2016 näytteiden keskiarvopitoisuuksiin. Vertailussa on huomattavaa erilaiset näytemäärät vuosina 2013–2014 ja 2015–2017; vuosina 2013–2014 pitoisuudet on tutkittu jokaisesta sivukivijakeesta yhteensä kolmesta näytteestä, kun vuosina 2015–2017 näytteitä on tutkittu tarkkailuohjelman mukaisesti kuukausittain. Kuvissa on esitetty myös PIMA-asetuksen mukaiset kynnyks- ja ohjearvot niiltä osin kuin ne on annettu; vihreällä viivalla on esitetty kynnyksarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.

Vuoden 2017 näytteissä kromin pitoisuuksien keskiarvot kaikissa sivukivijakeissa olivat vuoden 2016 tasolla. Normaalin sivukiven kromipitoisuudet ovat olleet vuosina 2015–2017 jonkin verran koholla verrattuna vuosiin 2013–2014 ([Kuva 4-1](#)). Kromin keskiarvopitoisuudet ovat ylittäneet ylempään ohjearvon kaikissa sivukivijakeissa vuosina 2013–2017.



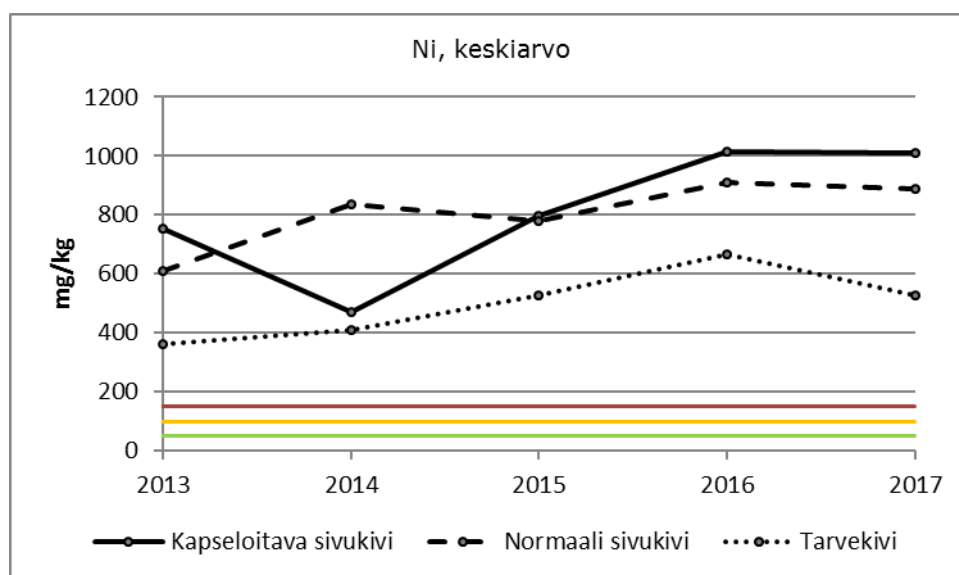
**Kuva 4-1. Sivukivijakeiden kromipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2017. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnyksarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.**

Kuparipitoisuuksien keskiarvo kapseloitavassa sivukivessä on kohonnut vuosien 2014-2016 aikana merkittävästi, mutta kääntynyt jälleen laskuun vuonna 2017 (Kuva 4-2). Normaalissa sivukivessä pitoisuus oli hieman vuotta 2016 korkeampi. Tarvekivessä kuparipitoisuus on ollut likimäärin samalla tasolla vuosina 2013-2017. Vuonna 2017 kuparin keskiarvopitoisuus oli suurin kapseloitavassa sivukivessä. Kuparin keskiarvopitoisuudet ovat ylittäneet ylempään ohjearvon vuosina 2013-2017 kaikissa sivukivijakeissa.



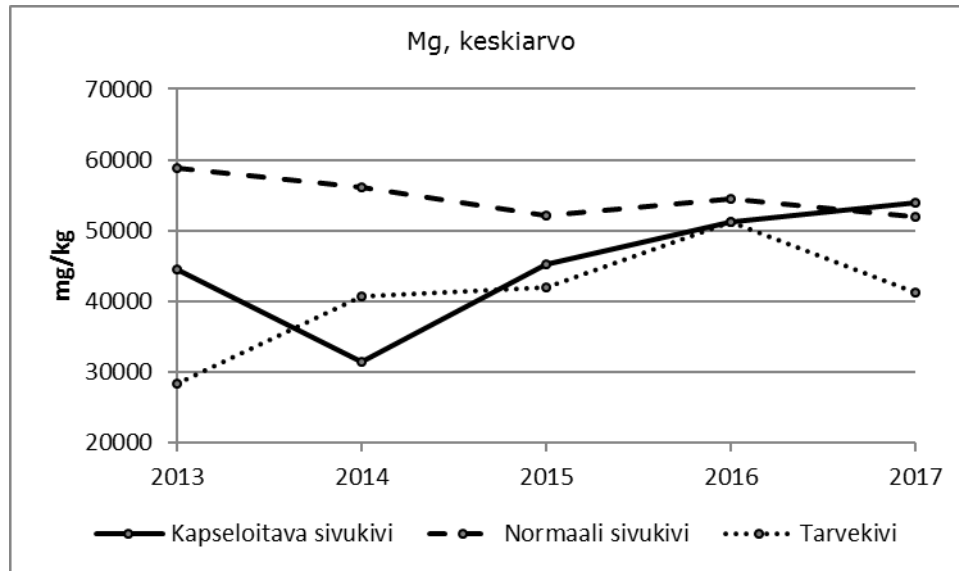
**Kuva 4-2. Sivukivijakeiden kuparipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013-2017. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnyсарvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.**

Sivukivijakeiden nikkelin keskiarvopitoisuudet kaikissa sivukivijakeissa olivat vuonna 2017 edellisvuoden tasolla (Kuva 4-3). Tarvekiven nikkelin keskiarvopitoisuus oli hieman vuotta 2016 alhaisempi. Vuonna 2017 nikkelin keskiarvopitoisuus oli suurin kapseloitavassa sivukivessä. Nikkelin keskiarvopitoisuudet ovat ylittäneet ylempään ohjearvon vuosina 2013-2017 kaikissa sivukivijakeissa.



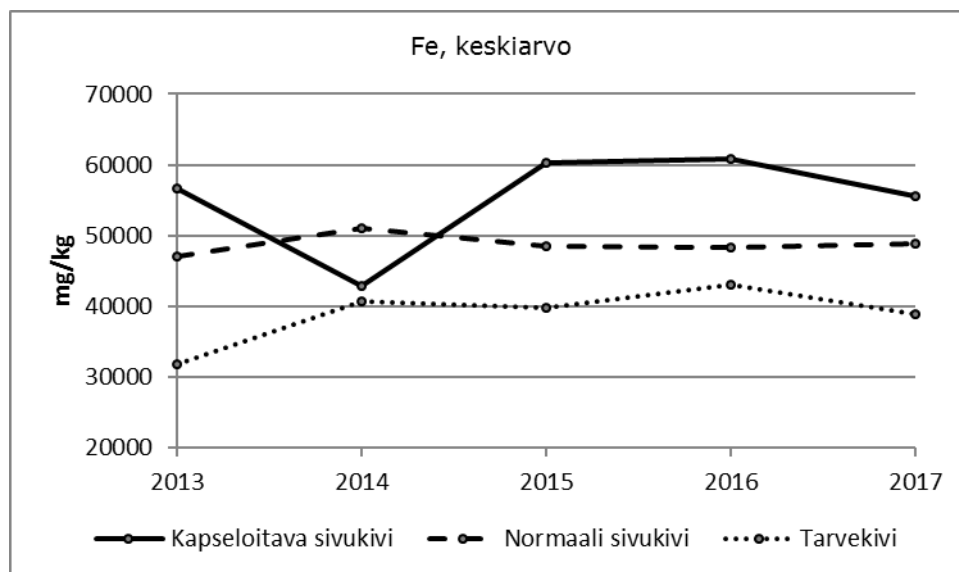
**Kuva 4-3. Sivukivijakeiden nikkelpitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013-2017. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnyсарvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.**

Sivukivijakeiden magnesiumin keskiarvopitoisuudet kapseloitavan ja normaalin sivukiven osalta olivat likimäärin samalla tasolla toisiinsa nähden vuonna 2017 (Kuva 4-4). Tarvekiven magnesiumipitoisuus oli muita sivukivijakeiden magnesiumipitoisuuksia sekä edellisvuotta alhaisempi. Normaalin sivukiven sekä tarvekiven magnesiumin keskiarvopitoisuudet kääntyivät laskuun edellisvuosien trendiin nähden. Kapseloitavan sivukiven kohdalla magnesiumin keskiarvopitoisuuksien nouseva trendi jatkui. Suurin magnesiumipitoisuus todettiin vuonna 2017 kapseloitavassa sivukivessä.



Kuva 4-4. Sivukivijakeiden magnesiumipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2017.

Sivukivijakeiden raudan keskiarvopitoisuuksien kehityksessä (Kuva 4-5) on havaittavissa lähes vastaavaa vaihtelua vuosina 2013–2017 kuin magnesiumin osalta. Korkeimmat rautapitoisuudet on todettu normaalissa sivukivessä vuonna 2014 ja kapseloitavassa sivukivessä vuosina 2013 ja 2015–2017.



Kuva 4-5. Sivukivijakeiden rautapitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2017.



## 5. HAPONTUOTTOKYKY

### 5.1 Kaivannaisjätteiden hapontuottokyky ja luokittelu

Kaivannaisjätteen potentiaalinen hapontuottokyky ja neutralointiominaisuudet määritetään yleensä ns. staattisilla testeillä, joita ovat mm. ABA-testi (Acid Base Counting) ja NAG-testi (Net Acid Generation). Kun kaivannaisjätteiden hapontuottopotentiaali määritetään usealla eri menetelmällä ja niiden tuloksia verrataan keskenään, saadaan luotettavampi kuva kaivannaisjätteiden hapontuotospotentiaalista. ABA- ja NAG- testimenetelmiä ja kaivannaisjätteiden luokittelua niiden tulosten perusteella on kuvattu seuraavassa.

#### 5.1.1 ABA-testi

ABA-testi (Acid Base Counting) perustuu happo-emäslaskuun ja sen perusteella arvioidaan, voiko jätteestä muodostua pitkällä aikavälillä happamia valumavesiä. Hapontuotto ja sen neutralointi määritetään rikkihiuksen ( $\text{FeS}_2$ ) hapettumisreaktion mukaan; yksi mooli sulfidista rikkiä tuottaa kaksi moolia happoa (protoneja), joka neutraloituu yhdellä moolilla kalsiumkarbonaattia. Tähän perustuen hapontuottopotentiaali (AP) lasketaan yleensä jätteen sulfidisen rikin kokonaispitoisuudesta. Neutralointipotentiali (NP) voidaan laskea joko karbonaattisen hiilen kokonaispitoisuudesta, karbonaattisten mineraalien kokonaismäärästä tai staattisen testin tuloksen perusteella. (Kauppila ym. 2011)

Valtioneuvoston kaivannaisjätteistä antaman asetuksen (kaivannaisjäteasetus, VNA 190/2013) liitteen 1 mukaan happoa tuottavan kaivannaisjätteen neutraloimispotentiali määritetään pysyvän jätteen luokittelussa CEN prEN 15875 menetelmällä (ABA-testi). Jätteen luokittelu happoa muodostavaksi tai muodostamattomaksi perustuu neutralointi- ja hapontuottopotentialiin (NP/AP eli NPR) suhdelukuun ja sulfidisen rikin kokonaispitoisuuteen. Kaivannaisjätteiden luokittelu happoa tuottavaksi ja happoa tuottamattomaksi jätteeksi on esitetty seuraavassa taulukossa.

**Taulukko 5-1. Kaivannaisjätteiden luokittelu sulfidisen rikin ja NPR-luvun perusteella.**

| Sulfidisen rikin pitoisuus | NPR-luku | Luokittelu         |
|----------------------------|----------|--------------------|
| <0,1 %                     | -        | Happoa tuottamaton |
| 0,1-1 %                    | >3       | Happoa tuottamaton |
| >0,1 %                     | <3       | Happoa tuottava    |
| >1 %                       | -        | Happoa tuottava    |

ABA-testissä liukenee (1-5 %) lähinnä karbonaatteja, suolamineraaleja (titaniitti, apatiitti) ja osittain myös silikaatteja (kloriitti, serpentiini, kiille). Testissä liukenee vähän sulfidimineraaleja eli testi ei suoraan mittaa sulfidien hapettumisesta syntyvää happamuuden neutralointia vaan suolahappolisän neutralointikykyä. ABA-testi soveltuu karbonaattipitoisille kaivannaisjätteille, joissa rikki esiintyy vain metalli-/metalloidisulfidimineraaleissa. Testi mittaa myös magnesiumvaltaisten silikaattien neutralointikykyä. Jos NPR-luku on <1 tai välillä 1-3, vääristää tulos vähän sulfidista rikkiä sisältävien kaivannaisjätteiden todellisen hapontuottopotentialin. Hitaasti liukenevien karbonaattien neutralointipotentiali jää todellista potentiaalia heikommaksi. (Räisänen, 2009)

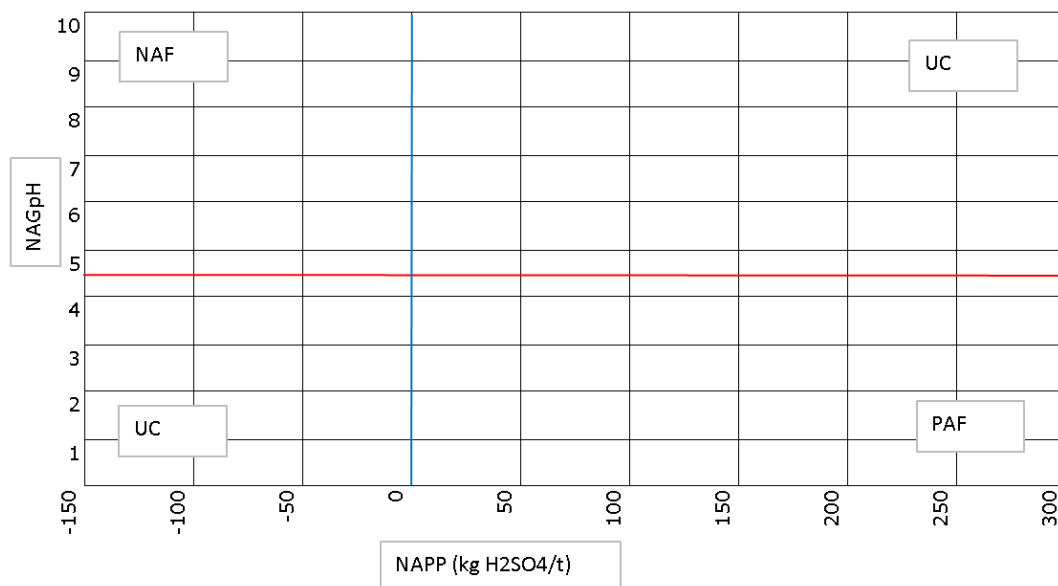
#### 5.1.2 NAG-testi

NAG-testi (Net Acid Generation) on sulfidien hapettamiseen (liuottamiseen) perustuva staattinen menetelmä. Menetelmän avulla saadaan arvio sulfidien rapautumiseen liittyvästä kokonaishapontuotosta, kun testin hapettumisreaktioissa tapahtuu samanaikaisesti myös karbonaattien ja/tai silikaattien liukeneminen ja siitä syntyvä hapon neutralointi. Menetelmä voidaan toteuttaa joko yksivaiheisena tai sarjauutona sulfidimineraalien määrän mukaan. Uutossa happoa syntyy sulfidien hapettumisessa syntyvästä rikkihaposta sekä hapettumisreaktioissa liunneen raudan ja muiden

sulfidisten metallien saostumisesta. NAG-testiin liittyy myös neutralointipotentiaalin (ANC eli Acid Neutralising Capacity) määrittäminen joko staattisella testillä tai karbonaattisen hiilen kokonaispitoisuudesta laskemalla. Maksimihapontuottokyky (MPA eli Maximum Potential Acidity) määritetään laskennallisesti kokonaisrikkipitoisuudesta. Nettohapontuottokyky eli NAPP (Net Acid Production Potential) on maksimihapontuottokyvyn (MPA) ja neutralointipotentiaalin (ANC) erotus. (Kauppila ym. 2011, Warwick ym. 2006) Kaivannaisjätteen luokittelu hapontuoton perusteella on esitetty taulukossa 5-2 sekä kuvassa 5-1.

**Taulukko 5-2. Kaivannaisjätteiden luokittelu NAG<sub>pH</sub>- sekä NAPP-arvojen perusteella (Warwick ym. 2006).**

| NAPP | NAG <sub>pH</sub> | Luokittelu                         |
|------|-------------------|------------------------------------|
| <0   | ≥4,5              | Happoa tuottamaton, NAF            |
| >0   | <4,5              | Mahdollisesti happoa tuottava, PAF |
| >0   | ≥4,5              | Epävarma, UC                       |
| <0   | <4,5              | Epävarma, UC                       |



**Kuva 5-1. Kaivannaisjätteiden luokittelu NAG<sub>pH</sub>- ja NAPP-arvojen perusteella (Warwick ym. 2006).**

NAG-testillä voidaan varmentaa kaivannaisjätteiden luokittelua happoa tuottaviksi tai happoa tuottamattomiksi jätteiksi. NAG-testissä liukenee sulfidimineraaleja (1-10 %), ensisijaisesti magneetikiisu, mutta myös karbonaatteja, suolamineraaleja ja osittain myös silikaatteja. Hapon muodostuminen (NAG<sub>pH</sub>-arvo) määräytyy sulfidiliukenevuudesta (rikkihapon tuotto), mutta myös raudan saostumisesta ja alumiinin hydrolysoitumisesta testin aikana. NAG-testi soveltuu vähän ja runsaasti sulfideja sisältävien kaivannaisjätteiden hapontuoton testaamiseen. Testi tuo esille myös rauta-alumiinisilikaattien hapontuoton (heikkona), mutta voi myös ylikorostaa silikaattirapautumisen hapontuottoa. (Räisänen, 2009)

## 5.2 Analyysitulokset

Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelman mukaisesti sivukivijakeiden kuukausinäytteistä määritetään rikkipitoisuus, hiilen kokonaispitoisuus, karbonaattisen hiilen ja ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet, hapontuottopotentialiaali ja neutralointipotentialiaali sekä niiden suhde ABA-testillä. Lisäksi neljä kertaa vuodessa kuukauden kokoomanäytteille tehdään yksivaiheinen NAG-testaus. Vuoden 2017 tulokset on esitetty seuraavissa kappaleissa, joissa on lisäksi esitetty tulosten vertailu vuosien 2013–2016 tuloksiin. Vertailussa on huomattavaa, että nykyinen toimintatapa tarkkailun suhteen on otettu käyttöön vuonna 2015. Vuosina 2013–2014 pitoisuudet on tutkittu tarkkailuohjelman mukaisesti jokaisesta sivukivijakeesta yhteensä kolmesta näytteestä.

### 5.2.1 ABA-testi

Vuoden 2017 ABA-testin tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa ([Taulukko 5-3](#)). Tammikuussa otettua näytettä ei ole huomioitu tarkastelussa tarvekiven osalta, näytteen epäedustavuuden vuoksi, joka johtui todennäköisesti näytteenotossa tai -valmistelussa tapahtuneesta poikkeamasta.

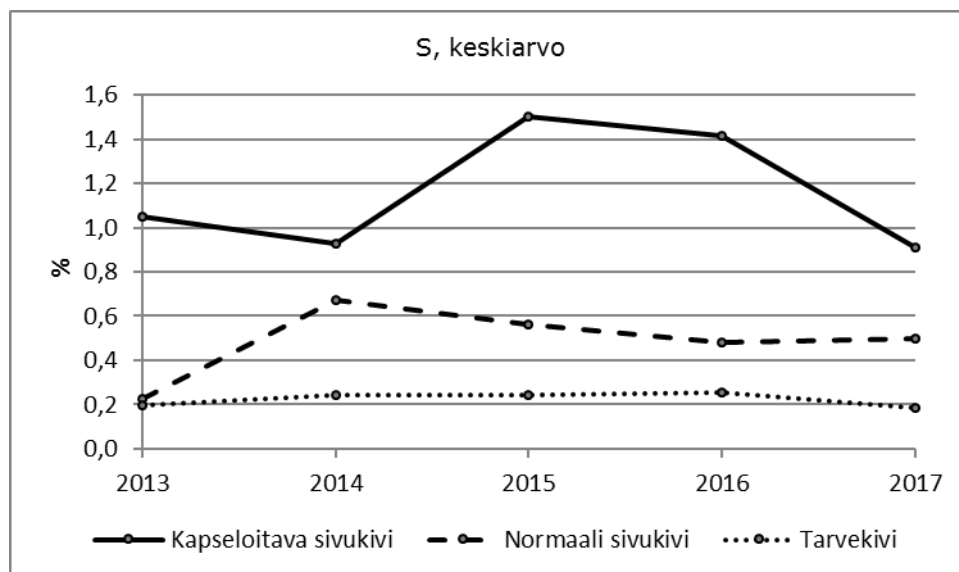
**Taulukko 5-3. Sivukivijakeiden kuukausinäytteiden rikin, hiilen, karbonaattisen hiilen, ei-karbonaattisen hiilen, hapontuottopotentiaalien, neutralointipotentiaalien ja NPR-lukujen arvot vuonna 2017.**

| Näyte                        | S           | C           | C non carb  | C carb      | NP                      | AP                      | NPR          |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
|                              | %           | %           | %           | %           | kg CaCO <sub>3</sub> /t | kg CaCO <sub>3</sub> /t |              |
| <b>Kapseloitava sivukivi</b> |             |             |             |             |                         |                         |              |
| Tammikuu                     | 1,11        | 0,26        | 0,10        | 0,15        | 84,2                    | 34,8                    | 2,42         |
| Helmikuu                     | 0,63        | 0,39        | 0,15        | 0,24        | 84,0                    | 19,7                    | 4,27         |
| Maaliskuu                    | 0,93        | 0,23        | 0,11        | 0,12        | 106,4                   | 29,1                    | 3,66         |
| Huhtikuu                     | 0,81        | 0,37        | 0,16        | 0,21        | 66,2                    | 25,4                    | 2,60         |
| Toukokuu                     | 1,20        | 0,39        | 0,15        | 0,24        | 89,7                    | 37,4                    | 2,40         |
| Kesäkuu                      | 0,46        | 0,30        | 0,11        | 0,19        | 87,9                    | 14,2                    | 6,18         |
| Heinäkuu                     | 0,96        | 0,31        | 0,11        | 0,20        | 108,4                   | 30,1                    | 3,60         |
| Elokuu                       | 1,01        | 0,36        | 0,14        | 0,23        | 84,1                    | 31,4                    | 2,68         |
| Syyskuu                      | 1,03        | 0,27        | 0,11        | 0,16        | 89,4                    | 32,2                    | 2,77         |
| Lokakuu                      | 0,90        | 0,34        | 0,12        | 0,22        | 100,6                   | 28,0                    | 3,60         |
| Marraskuu                    | 0,91        | 0,82        | 0,13        | 0,69        | 132,3                   | 28,3                    | 4,68         |
| Joulukuu                     | 0,99        | 0,31        | 0,17        | 0,14        | 85,4                    | 30,8                    | 2,77         |
| <i>Minimi</i>                | <i>0,46</i> | <i>0,23</i> | <i>0,10</i> | <i>0,12</i> | <i>66,2</i>             | <i>14,2</i>             | <i>2,40</i>  |
| <i>Maksimi</i>               | <i>1,20</i> | <i>0,82</i> | <i>0,17</i> | <i>0,69</i> | <i>132,3</i>            | <i>37,4</i>             | <i>6,18</i>  |
| <i>Mediaani</i>              | <i>0,95</i> | <i>0,33</i> | <i>0,13</i> | <i>0,21</i> | <i>88,7</i>             | <i>29,6</i>             | <i>3,19</i>  |
| <i>Keskiarvo</i>             | <i>0,91</i> | <i>0,36</i> | <i>0,13</i> | <i>0,23</i> | <i>93,2</i>             | <i>28,5</i>             | <i>3,47</i>  |
| <b>Normaali sivukivi</b>     |             |             |             |             |                         |                         |              |
| Tammikuu                     | 0,37        | 0,37        | 0,13        | 0,24        | 81,6                    | 11,4                    | 7,13         |
| Helmikuu                     | 0,48        | 0,39        | 0,13        | 0,25        | 86,9                    | 14,9                    | 5,84         |
| Maaliskuu                    | 0,64        | 0,43        | 0,12        | 0,31        | 108,2                   | 20                      | 5,41         |
| Huhtikuu                     | 0,45        | 0,35        | 0,11        | 0,24        | 81,1                    | 14                      | 5,8          |
| Toukokuu                     | 0,72        | 0,34        | 0,12        | 0,22        | 98,8                    | 22,6                    | 4,37         |
| Kesäkuu                      | 0,43        | 0,36        | 0,14        | 0,22        | 86,5                    | 13,5                    | 6,4          |
| Heinäkuu                     | 0,52        | 0,27        | 0,10        | 0,17        | 95                      | 16,3                    | 5,84         |
| Elokuu                       | 0,51        | 0,40        | 0,14        | 0,26        | 85,6                    | 16                      | 5,33         |
| Syyskuu                      | 0,43        | 0,39        | 0,12        | 0,27        | 74                      | 13,3                    | 5,55         |
| Lokakuu                      | 0,52        | 0,58        | 0,15        | 0,43        | 100,8                   | 16,2                    | 6,22         |
| Marraskuu                    | 0,43        | 0,41        | 0,14        | 0,27        | 74,7                    | 13,4                    | 5,59         |
| Joulukuu                     | 0,47        | 0,40        | 0,16        | 0,24        | 74,2                    | 14,8                    | 5,01         |
| <i>Minimi</i>                | <i>0,37</i> | <i>0,27</i> | <i>0,10</i> | <i>0,17</i> | <i>74</i>               | <i>11,4</i>             | <i>4,37</i>  |
| <i>Maksimi</i>               | <i>0,72</i> | <i>0,58</i> | <i>0,16</i> | <i>0,43</i> | <i>108,2</i>            | <i>22,6</i>             | <i>7,13</i>  |
| <i>Mediaani</i>              | <i>0,48</i> | <i>0,39</i> | <i>0,13</i> | <i>0,25</i> | <i>86,05</i>            | <i>14,85</i>            | <i>5,695</i> |
| <i>Keskiarvo</i>             | <i>0,50</i> | <i>0,39</i> | <i>0,13</i> | <i>0,26</i> | <i>87,3</i>             | <i>15,5</i>             | <i>5,71</i>  |
| <b>Tarvekivi</b>             |             |             |             |             |                         |                         |              |
| Tammikuu*                    | 1,73        | 0,46        | 0,12        | 0,33        | 95,4                    | 54,2                    | 1,76         |
| Helmikuu                     | 0,16        | 0,31        | 0,16        | 0,15        | 85,2                    | 4,97                    | 17,20        |
| Maaliskuu                    | 0,15        | 0,39        | 0,15        | 0,24        | 73,2                    | 4,7                     | 15,50        |
| Huhtikuu                     | 0,17        | 0,28        | 0,12        | 0,16        | 72,9                    | 5,2                     | 13,90        |
| Toukokuu                     | 0,24        | 0,22        | 0,09        | 0,12        | 78,2                    | 7,4                     | 10,60        |
| Kesäkuu                      | 0,11        | 0,42        | 0,15        | 0,27        | 46                      | 3,3                     | 14,00        |
| Heinäkuu                     | 0,20        | 0,42        | 0,12        | 0,30        | 67,4                    | 6,2                     | 11,00        |
| Elokuu                       | 0,31        | 0,44        | 0,15        | 0,30        | 64,1                    | 9,6                     | 6,68         |
| Syyskuu                      | 0,19        | 0,37        | 0,17        | 0,20        | 56,8                    | 5,9                     | 9,67         |
| Lokakuu                      | 0,15        | 0,24        | 0,13        | 0,10        | 71,4                    | 4,7                     | 15,30        |
| Marraskuu                    | 0,20        | 0,36        | 0,15        | 0,21        | 66,1                    | 6,1                     | 10,80        |
| Joulukuu                     | 0,17        | 0,33        | 0,17        | 0,17        | 55,7                    | 5,3                     | 10,40        |
| <i>Minimi</i>                | <i>0,11</i> | <i>0,22</i> | <i>0,09</i> | <i>0,10</i> | <i>46</i>               | <i>3,3</i>              | <i>6,68</i>  |
| <i>Maksimi</i>               | <i>0,31</i> | <i>0,44</i> | <i>0,17</i> | <i>0,30</i> | <i>85,2</i>             | <i>9,6</i>              | <i>17,20</i> |
| <i>Mediaani</i>              | <i>0,17</i> | <i>0,36</i> | <i>0,15</i> | <i>0,20</i> | <i>67,4</i>             | <i>5,3</i>              | <i>11,00</i> |
| <i>Keskiarvo</i>             | <i>0,19</i> | <i>0,35</i> | <i>0,14</i> | <i>0,20</i> | <i>67,0</i>             | <i>5,8</i>              | <i>12,28</i> |

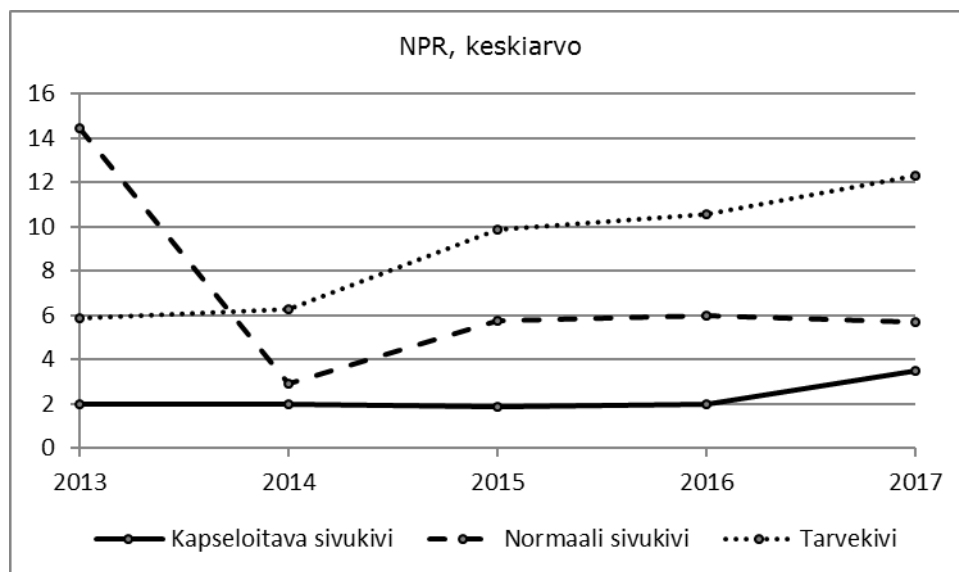
\*tammikuussa otettua näytettä ei ole tarvekiven osalta huomioitu tarkastelussa

Tuotannon analyyseissä (ks. [Taulukko 3-1](#)) rikkipitoisuudet ovat kapseloitavassa sekä normaalissa sivukivessä olleet samalla tasolla kuin kuukausinäytteissä todetut rikin mediaani- ja keskiarvopitoisuudet. Tarvekiven osalta kuukausinäytteissä todetut rikkipitoisuudet ovat olleet jonkin verran korkeampia tuotannon analyyseihin verrattuna.

Seuraavissa kuvissa (Kuva 5-2 ja Kuva 5-3) on esitetty rikin pitoisuuksien sekä NPR-lukujen keskiarvot tutkituissa näytteissä vuosina 2013–2017.



Kuva 5-2. Rikkipitoisuuksien keskiarvot sivukivijakeissa vuosina 2013–2017.



Kuva 5-3. NPR-lukujen keskiarvot sivukivijakeissa vuosina 2013–2017.

Kapseloitavassa sivukivessä rikkipitoisuus oli vuonna 2017 tammi-, touko-, elo- ja syyskuun näytteessä >1 %, muissa kuukausinäytteissä rikkipitoisuus oli <1 %. NPR-luku oli tammi-, huhti-, touko-, elo-, syys- ja joulukuussa <3 ja muina kuukausina >3. Kapseloitavan sivukiven rikkipitoisuus oli vuoden 2017 näytteissä huomattavasti alhaisempi edellisvuoteen nähden (Kuva 5-2). NPR-luku on ollut kapseloitavassa sivukivessä koholla vuosiin 2013–2016 verrattuna (Kuva 5-3).

Normaalissa sivukivessä rikkipitoisuudet olivat 0,4–0,7 % kaikissa vuoden 2017 näytteissä ja NPR-luvut >3. Yksittäisten rikkipitoisuuksien ja NPR-luvun tulosten sekä niiden keskiarvojen perusteella normaali sivukivi ei siis ole happoa tuottavaa. Normaalin sivukiven rikkipitoisuuden keskiarvo on laskenut vuodesta 2014 lähtien ollen kuitenkin korkeampi kuin vuonna 2013. NPR-luvun keskiarvo on ollut vuonna 2013 huomattavasti korkeampi kuin vuosina 2014–2017 (Kuva 5-3).

Tarvekivessä rikkipitoisuudet olivat 0,1–0,3 % ja NPR-luvut >3 kaikissa vuoden 2017 näytteissä, lukuun ottamatta tammikuuta, jolloin tarvekiven rikkipitoisuus oli 1,73 % ja NPR luku <3. Tammi-kuun näytettä ei tarvekiven osalta ole huomioitu tarkastelussa sen epäedustavuuden vuoksi. Laboratorion selvityksen perusteella epäedustavat tulokset johtuvat todennäköisesti näytteenotossa tai -valmistelussa tapahtuneesta poikkeamasta.

Yksittäisten rikkipitoisuuksien ja NPR-luvun tulosten sekä niiden keskiarvojen perusteella tarvekivi ei ole happoa tuottavaa. Tarvekiven rikkipitoisuuden keskiarvo laski vuonna 2017 hieman verrattuna edellisvuosiin. NPR-lukujen keskiarvo on ollut vuosina 2015–2017 korkeammalla tasolla kuin vuosina 2013–2014 (Kuva 5-3).

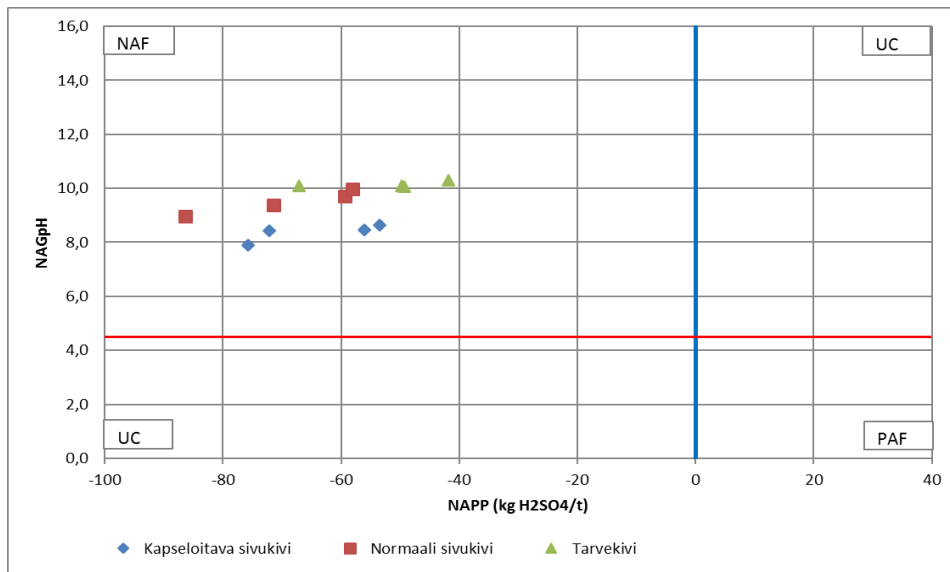
### 5.2.2 NAG-testi

Seuraavassa taulukossa on esitetty sivukivijakeiden yksivaiheisen NAG-testin tulokset vuodelta 2017.

**Taulukko 5-4. Sivukivijakeiden yksivaiheisen NAG-testin tulokset, neutralointikapasiteetin, maksimiha-pontuottopotentialin sekä nettohapontuottokyvyn arvot vuonna 2017.**

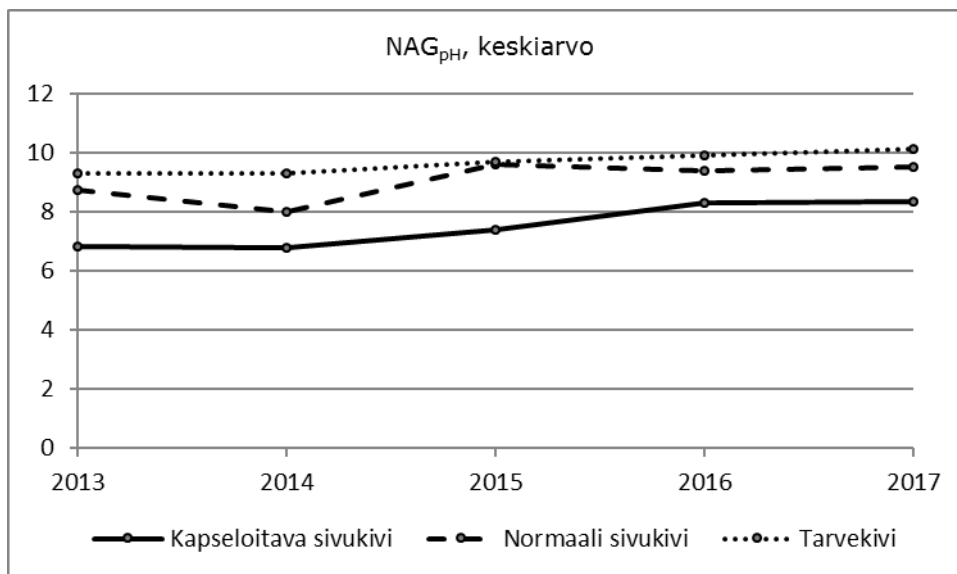
| Näyte                        | NAG <sub>pH</sub> | ANC                                  | MPA                                  | NAPP                                 |
|------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                              |                   | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t |
| <b>Kapseloitava sivukivi</b> |                   |                                      |                                      |                                      |
| Maaliskuu 2017               | 7,91              | 104                                  | 29                                   | -76                                  |
| Kesäkuu 2017                 | 8,42              | 86                                   | 14                                   | -72                                  |
| Syyskuu 2017                 | 8,47              | 88                                   | 32                                   | -56                                  |
| Joulukuu 2017                | 8,64              | 84                                   | 30                                   | -53                                  |
| <b>Normaali sivukivi</b>     |                   |                                      |                                      |                                      |
| Maaliskuu 2017               | 8,97              | 106                                  | 20                                   | -86                                  |
| Kesäkuu 2017                 | 9,37              | 85                                   | 13                                   | -71                                  |
| Syyskuu 2017                 | 9,70              | 73                                   | 13                                   | -59                                  |
| Joulukuu 2017                | 9,98              | 73                                   | 15                                   | -58                                  |
| <b>Tarvekivi</b>             |                   |                                      |                                      |                                      |
| Maaliskuu 2017               | 10,09             | 72                                   | 5                                    | -67                                  |
| Kesäkuu 2017                 | 10,30             | 45                                   | 3                                    | -42                                  |
| Syyskuu 2017                 | 10,10             | 56                                   | 6                                    | -50                                  |
| Joulukuu 2017                | 10,07             | 55                                   | 5                                    | -49                                  |

NAG-testin NAG<sub>pH</sub>-arvojen sekä NAPP-arvojen perusteella kaikki vuonna 2016 tutkitut sivukivijakeista otetut näytteet luokittevat happoa tuottamattomiksi kaivannaisjätteiksi eli luokkaan NAF. Kaikissa tutkituissa näytteissä NAG<sub>pH</sub>-arvot olivat ≥4,5 ja NAPP-arvot negatiivisia. Kuvassa (Kuva 5-4) on esitetty NAPP-NAG<sub>pH</sub> -vertailu vuoden 2016 sivukivinäytteiden osalta.



Kuva 5-4. Vuoden 2017 sivukivijakeista otettujen näytteiden NAPP- ja NAG<sub>pH</sub> -arvot.

Sivukivien NAG<sub>pH</sub>-keskiarvot ovat olleet likimäärin samalla tasolla vuosina 2013–2017 (Kuva 5-5).



Kuva 5-5. NAG<sub>pH</sub> -keskiarvot vuosina 2013–2017.

## 6. EPÄVARMUUSTARKASTELU

### 6.1 Sivukivijakeiden laatu

Sivukivijakeiden tarkkailua laajennettiin vuonna 2015 merkittävästi aiempaan verrattuna ja vuonna 2017 sivukivien näytteenotto ja analysointi on tehty tarkkailuohjelman mukaisesti. Ympäristön kannalta sivukivien hapontuottokyky on olennainen tekijä ja sivukivijakeiden hapontuottokyky onkin määritetty kahdella eri menetelmällä tulosten luotettavuuden varmistamiseksi. ABA-testin tulosten perusteella kapseloitavaa sivukiveä ei vuonna 2017 yksiselitteisesti voi luokitella happoa tuottavaksi tai tuottamattomaksi, mutta NAG-testin tulosten perusteella se luokituu happoa tuottamattomaksi. ABA-testit on tehty kuukausittain, kun NAG-testi on tehty neljästä kuukausinäytteestä. Kapseloitava sivukivi on luokitunut ABA-testeissä happoa tuottavaksi ja NAG-testeissä happoa tuottamattomaksi vuosina 2013–2016. Kuten edellä [kohdassa 5.1](#) on todettu, soveltuvat ABA- ja NAG-testit erityyppisten kaivannaisjätteiden testaamiseen. ABA-testi soveltuu karbonaattipitoisille kaivannaisjätteille, joissa rikki esiintyy vain metalli-/metalloidisulfidimineraaleissa ja NAG-testi puolestaan vähän ja runsaasti sulfideja sisältäville kaivannaisjätteille. NAG-testillä voidaan tarkentaa erityisesti sellaisten kaivannaisjätteiden hapontuottokykyä, joiden NPR-luku on <1 tai 1-3, kuten Kevitsan kaivoksen kapseloitavan sivukivi pääasiassa.

Tarkkailutulosten perusteella sivukivijakeiden tutkitut ominaisuudet ovat vuoden 2017 aikana olleet pääsääntöisesti samalla tasolla kuukausittain. Myös vuosiin 2013–2016 verrattuna sivukivijakeiden ominaisuudet ovat olleet lähes samalla tasolla. Tulosten perusteella voidaankin todeta, ettei sivukivien ominaisuuksiin liity olennaisia epävarmuuksia.

## 7. YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDE-ESITYKSET

Kevitsan kaivoksen sivukivijakeiden tarkkailua on laajennettu vuodesta 2015 alkaen päivitetyn tarkkailuohjelman mukaisesti. Laajennetulla tarkkailulla on varmistettu sivukivien laatu- ja ympäristöominaisuudet. Tarkkailulla on myös osoitettu, että eri sivukivijakeet voidaan tunnistaa ja sijoittaa hallitusti.

### Kapseloitava sivukivi

Kapseloitavasta sivukivestä kuukausittain otetuissa ja tutkituissa näytteissä kromin, kuparin sekä nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylemmät ohjearvot kaikissa näytteissä. Pitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat ylittäneet ylemmät ohjearvot vuosina 2013–2017.

Kapseloitavaa sivukiveä ei yksiselitteisestä voida luokitella ABA-testin tulosten perusteella happoa tuottavaksi tai tuottamattomaksi sivukiveksi, sillä rikkipitoisuudet vaihtelivat 0,5-1,2 % ja NPR-luvut 2,4-6,2. Kapseloitavan sivukiven rikkipitoisuus oli vuoden 2017 näytteissä huomattavasti edellisvuotta alhaisempi. NPR-luku on ollut kapseloitavassa sivukivessä koholla vuosiin 2013–2016 verrattuna. NAG-testin  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -arvojen sekä NAPP-arvojen perusteella kapseloitava sivukivi luokitellaan happoa tuottamattomaksi kaivannaisjätteeksi eli luokkaan NAF. Kapseloitavan sivukiven  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -keskiarvot ovat olleet likimäärin samalla tasolla vuosina 2013–2017.

### Normaali sivukivi

Normaalista sivukivestä otetuissa ja tutkituissa näytteissä kromin, kuparin sekä nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylemmät ohjearvot. Pitoisuuksien keskiarvot ovat ylittäneet ylemmät ohjearvot myös vuosina 2013–2017 otetuissa ja tutkituissa näytteissä. Pääsääntöisesti metallien kokonaispitoisuudet normaalissa sivukivessä olivat likimäärin samalla aiempaan vuoteen verrattuna.



Normaalissa sivukivessä rikkipitoisuudet olivat 0,4–0,7 % kaikissa vuoden 2017 näytteissä ja NPR-luvut >3 eli tulosten perusteella normaali sivukivi ei ole happoa tuottavaa. Normaalin sivukiven rikkipitoisuuden keskiarvo (0,5 %) oli samalla tasolla kuin vuonna 2016. Vuonna 2017 NPR-luvun keskiarvo oli samaa tasoa kuin vuosina 2015–2016. NPR-luvun keskiarvo on ollut vuonna 2013 huomattavasti korkeampi kuin vuosina 2014–2017. Normaali sivukivi ei ole happoa tuottavaa kaivannaisjätettä myöskään NAG-testin tulosten perusteella.

### **Tarvekivi**

Tarvekivestä vuoden 2017 aikana otetuissa ja tutkituissa näytteissä kromin, kuparin sekä nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylemmät ohjearvot. Pitoisuuksien keskiarvot ovat ylittäneet ylemmät ohjearvot myös vuosina 2013–2016 otetuissa ja tutkituissa näytteissä.

Tarvekivessä rikkipitoisuudet olivat 0,1–0,3 % ja NPR-luvut >3 kaikissa vuoden 2017 näytteissä. Tulosten perusteella tarvekivi ei ole happoa tuottavaa. Tarvekiven rikkipitoisuuden keskiarvot ovat olleet vuosina 2013–2017 samalla tasolla. NPR-lukujen keskiarvo on ollut vuosina 2015–2017 korkeampi kuin vuosina 2013–2014. Tarvekivi ei ole happoa tuottavaa kaivannaisjätettä myöskään NAG-testin tulosten perusteella.

Tammikuun näytettä ei tarvekiven osalta ole huomioitu tarkastelussa sen epäedustavuuden vuoksi. Laboratorion selvityksen perusteella epäedustavat tulokset johtuvat todennäköisesti näytteenotossa tai -valmistelussa tapahtuneesta poikkeamasta.

### **Jatkotoimenpiteet**

Sivukivijakeiden tarkkailua esitetään jatkettavan voimassaolevan tarkkailuohjelman mukaisesti.

## LÄHTEET

**Kauppila P., Räisänen M-L., Myllyoja S, 2011.** Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt, Suomen ympäristö 29/2011. Helsinki 2011.

**Räisänen M-L., 2009.** Kaivannaisjätteiden geokemiallinen karakterisointi – lyhyt- ja pitkäaikaisen muutosten arviointi. Kaivannaisalan ympäristöpäivät 15.-16.9.2009, Lappeenranta.

**Warwick A. Stewart, Stuard D. Miller and Roger Smart, 2006.** Advances in acid rock drainage (ARD) characterisation of mine wastes.

**LIITE 1**  
**LABTIUM OY, ANALYYSITULOKSET**

Report No.: 023357

22.11.2017

Boliden Kevitsa Mining Oy  
Mikael Kostamo  
Kevitsantie 730  
99670 Petkula

Request: S17-03679  
Customer referral number: PO40518  
Order number: 501779  
Received on: 11.5.2017

### Sample preparation

| Analytical method | Analytical method description                             | Number of samples |
|-------------------|---|-------------------|
| 35                | Subsampling by riffle splitter                            | 12 pcs            |
| 40                | Pulverizing in carbon steel bowl, 0,1 - 0,2 kg subsamples | 12 pcs            |
| 512 *             | Aqua regia digestion at 90°C , subsample 2 g              | 8 pcs             |

### Results

Analytical method: 512P  
Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES  
Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code  | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter               | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                    | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit         | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| Sample id               |        |        |        |        |        |
| CW tammikuu 2017        | 547    | 1080   | 56700  | 47800  | 842    |
| CW tammikuu 2017 (2)    | 548    | 1080   | 56700  | 48200  | 850    |
| CW helmikuu 2017        | 720    | 847    | 56800  | 52500  | 782    |
| UNW tammikuu 2017       | 483    | 563    | 46200  | 49400  | 686    |
| UNW helmikuu 2017       | 551    | 993    | 50700  | 55200  | 989    |
| USW tammikuu 2017       | 420    | 4040   | 67100  | 49600  | 1490   |
| USW helmikuu 2017       | 510    | 325    | 47300  | 56300  | 607    |
| Rikastehiekka A 03_2017 | 529    | 619    | 54400  | 60700  | 1050   |
| Rikastehiekka B 03_2017 | 443    | 5920   | 236000 | 37500  | 14200  |

Analytical method: 810L  
Analytical method description: Analysis of S by combustion technique  
Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code | 810L * |
|------------------------|--------|
| Parameter              | S *    |
| Unit                   | %      |
| Detection Limit        | 0.01   |
| Sample id              |        |
| CW tammikuu 2017       | 1.11   |
| CW tammikuu 2017 (2)   | 1.12   |
| CW helmikuu 2017       | 0.63   |
| UNW tammikuu 2017      | 0.37   |

Report No.: 023357

22.11.2017

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Analytical method code  | 810L * |
| Parameter               | S *    |
| Unit                    | %      |
| Detection Limit         | 0.01   |
| Sample id               |        |
| UNW helmikuu 2017       | 0.48   |
| USW tammikuu 2017       | 1.73   |
| USW helmikuu 2017       | 0.16   |
| Rikastehiekka A 01_2017 | 0.83   |
| Rikastehiekka A 02_2017 | 0.61   |
| Rikastehiekka A 03_2017 | 0.63   |
| Rikastehiekka B 01_2017 | 17.6   |
| Rikastehiekka B 02_2017 | 12.5   |
| Rikastehiekka B 03_2017 | 13.5   |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Analytical method code  | 811L * |
| Parameter               | C *    |
| Unit                    | %      |
| Detection Limit         | 0.05   |
| Sample id               |        |
| CW tammikuu 2017        | 0.26   |
| CW tammikuu 2017 (2)    | 0.29   |
| CW helmikuu 2017        | 0.39   |
| UNW tammikuu 2017       | 0.37   |
| UNW helmikuu 2017       | 0.39   |
| USW tammikuu 2017       | 0.46   |
| USW helmikuu 2017       | 0.31   |
| Rikastehiekka A 01_2017 | 0.20   |
| Rikastehiekka A 02_2017 | 0.26   |
| Rikastehiekka A 03_2017 | 0.26   |
| Rikastehiekka B 01_2017 | 0.21   |
| Rikastehiekka B 02_2017 | 0.29   |
| Rikastehiekka B 03_2017 | 0.26   |

Analytical method: 814G

Analytical method description: Gravimetric determination of moisture or dry matter

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Analytical method code | 814G     |
| Parameter              | Moisture |
| Unit                   | %        |
| Detection Limit        | 0.01     |
| Sample id              |          |
| CW tammikuu 2017       | 0.222    |
| CW helmikuu 2017       | 0.0922   |
| UNW tammikuu 2017      | 0.173    |
| UNW helmikuu 2017      | 0.0851   |
| USW tammikuu 2017      | 0.187    |

Report No.: 023357

22.11.2017

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| Analytical method code  | 814G     |
| Parameter               | Moisture |
| Unit                    | %        |
| Detection Limit         | 0.01     |
| Sample id               |          |
| USW helmikuu 2017       | 0.0474   |
| Rikastehiekka A 01_2017 | 0.0986   |
| Rikastehiekka A 02_2017 | 0.0459   |
| Rikastehiekka A 03_2017 | 0.0961   |
| Rikastehiekka B 01_2017 | <0.01    |
| Rikastehiekka B 02_2017 | 0.0434   |
| Rikastehiekka B 03_2017 | 0.0487   |

Analytical method Gravimetric determination of moisture or dry matter:  
Residual moisture in pulverized sample.

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code  | 816L   | 816L       |
|-------------------------|--------|------------|
| Parameter               | C carb | C non carb |
| Unit                    | %      | %          |
| Detection Limit         | 0.05   | 0.05       |
| Sample id               |        |            |
| CW tammikuu 2017        | 0.15   | 0.10       |
| CW tammikuu 2017 (2)    | 0.18   | 0.11       |
| CW helmikuu 2017        | 0.24   | 0.15       |
| UNW tammikuu 2017       | 0.24   | 0.13       |
| UNW helmikuu 2017       | 0.25   | 0.13       |
| USW tammikuu 2017       | 0.33   | 0.12       |
| USW helmikuu 2017       | 0.15   | 0.16       |
| Rikastehiekka A 01_2017 | 0.17   | <0.05      |
| Rikastehiekka A 02_2017 | 0.23   | <0.05      |
| Rikastehiekka A 03_2017 | 0.24   | <0.05      |
| Rikastehiekka B 01_2017 | 0.19   | <0.05      |
| Rikastehiekka B 02_2017 | 0.21   | 0.07       |
| Rikastehiekka B 03_2017 | 0.21   | 0.05       |

Analytical method: 826T1

Analytical method description: Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code      | 826T1 | 826T1     | 826T1        | 826T1        |
|-----------------------------|-------|-----------|--------------|--------------|
| Parameter                   | NAGpH | EC        | NAG (pH 4,5) | NAG (pH 7,0) |
| Unit                        | pH    | mS/m 25°C | kg H2SO4/t   | kg H2SO4/t   |
| Detection Limit             |       |           |              |              |
| Sample id                   |       |           |              |              |
| Rikastehiekka A 03_2017     | 9.13  | 23.3      | 0.00         | 0.00         |
| Rikastehiekka A 03_2017 (2) | 9.21  | 23.6      | 0.00         | 0.00         |
| Rikastehiekka B 03_2017     | 3.56  | 143       | 6.46         | 30.5         |

Report No.: 023357

22.11.2017

Analytical method: 827T  
 Analytical method description: ABA test  
 Standard Method: SFS-EN 15875  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code  | 827T                    | 827T                    | 827T   | 827T                                 | 827T                                 | 827T                                 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Parameter               | AP                      | NP                      | NPR    | ANC                                  | MPA                                  | NAPP                                 |
| Unit                    | kg CaCO <sub>3</sub> /t | kg CaCO <sub>3</sub> /t |        | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t |
| Detection Limit         | 0.3                     |                         |        |                                      | 0.3                                  |                                      |
| Sample id               |                         |                         |        |                                      |                                      |                                      |
| CW tammikuu 2017        | 34.8                    | 84.2                    | 2.42   |                                      |                                      |                                      |
| CW tammikuu 2017 (2)    | 35.0                    | 83.7                    | 2.39   |                                      |                                      |                                      |
| CW helmikuu 2017        | 19.7                    | 84.0                    | 4.27   |                                      |                                      |                                      |
| UNW tammikuu 2017       | 11.4                    | 81.6                    | 7.13   |                                      |                                      |                                      |
| UNW helmikuu 2017       | 14.9                    | 86.9                    | 5.84   |                                      |                                      |                                      |
| USW tammikuu 2017       | 54.2                    | 95.4                    | 1.76   |                                      |                                      |                                      |
| USW helmikuu 2017       | 4.97                    | 85.2                    | 17.2   |                                      |                                      |                                      |
| Rikastehiekka A 01_2017 | 26.0                    | 73.7                    | 2.84   |                                      |                                      |                                      |
| Rikastehiekka A 02_2017 | 18.9                    | 75.2                    | 3.97   |                                      |                                      |                                      |
| Rikastehiekka A 03_2017 | 19.6                    | 81.2                    | 4.14   | 79.5                                 | 19.2                                 | -60.3                                |
| Rikastehiekka B 01_2017 | 551                     | 52.6                    | 0.0955 |                                      |                                      |                                      |
| Rikastehiekka B 02_2017 | 391                     | 59.2                    | 0.151  |                                      |                                      |                                      |
| Rikastehiekka B 03_2017 | 422                     | 61.7                    | 0.146  | 60.4                                 | 413                                  | 353                                  |

Analytical method ABA test:  
 AP has been calculated from total S (method 810L),  $NPR = NP/AP$   
 $ANC [kg H_2SO_4/t] = 0.979 \times NP [kg CaCO_3/t]$   
 $MPA [kg H_2SO_4/t] = 30.6 \times S [\%]$ , S [%] from method 810L  
 $NAPP = MPA - ANC$

### Quality control samples

Analytical method: 512P  
 Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code     | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter                  | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                       | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit            | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| QC-Sample id / Description |        |        |        |        |        |
| 17011916 / QCSOKEA         | <1     | <1     | <50    | <10    | <2     |
| 17011917 / QCMCS           | 16.1   | 4.93   | 10400  | 3690   | 11.7   |
| 17011918 / QCTILL2         | 33.5   | 141    | 33400  | 6660   | 28.7   |

Analytical method: 810L  
 Analytical method description: Analysis of S by combustion technique  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

Report No.: 023357

22.11.2017

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Analytical method code     | 810L * |
| Parameter                  | S *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.01   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 17012024 / QCSOKEA         | <0.01  |
| 17012025 / QCGS900-5       | 0.35   |
| 17012025 (2) / QCGS900-5   | 0.35   |
| 17012026 / QCGS310-7       | 10.7   |
| 17012026 (2) / QCGS310-7   | 10.7   |

Analytical method: 811L  
 Analytical method description: Analysis of C by combustion technique  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Analytical method code     | 811L * |
| Parameter                  | C *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.05   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 17012027 / QCSOKEA         | <0.05  |
| 17012028 / QCGS900-5       | 0.67   |
| 17012028 (2) / QCGS900-5   | 0.69   |
| 17012029 / QCGS310-7       | 4.15   |
| 17012029 (2) / QCGS310-7   | 4.11   |

Analytical method: 816L  
 Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Analytical method code     | 816L       |
| Parameter                  | C non carb |
| Unit                       | %          |
| Detection Limit            | 0.05       |
| QC-Sample id / Description |            |
| 17012078 / QCSK1           | 0.72       |
| 17012079 / QCUUTTOSOKEA    | <0.05      |

Analytical method: 826T1  
 Analytical method description: Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |       |           |              |              |
|----------------------------|-------|-----------|--------------|--------------|
| Analytical method code     | 826T1 | 826T1     | 826T1        | 826T1        |
| Parameter                  | NAGpH | EC        | NAG (pH 4,5) | NAG (pH 7,0) |
| Unit                       | pH    | mS/m 25°C | kg H2SO4/t   | kg H2SO4/t   |
| Detection Limit            |       |           |              |              |
| QC-Sample id / Description |       |           |              |              |
| 17012088 / QCGS905-2       | 3.19  | 50.4      | 4.20         | 6.65         |



**Test report**

This test report replaces the report with  
id and date 013857, 19.05.2017

Report No.: 023357

22.11.2017

Analytical method: 827T  
Analytical method description: ABA test  
Standard Method: SFS-EN 15875  
Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| Analytical method code     | 827T                    |
| Parameter                  | NP                      |
| Unit                       | kg CaCO <sub>3</sub> /t |
| Detection Limit            |                         |
| QC-Sample id / Description |                         |
| 17012089 / QCKZK1          | 58.7                    |

\* Accredited

22.11.2017 Timo Myöhänen  
Kemisti / Chemist

Distribution Boliden Kevitsa Mining Oy  
Kostamo, Mikael / Boliden Kevitsa Mining Oy

Report No.: 024647

13.12.2017

Boliden Kevitsa Mining Oy  
 Mikael Kostamo  
 Kevitsantie 730  
 99670 PETKULA

Request: S17-06693  
 Customer referral number: PO40518  
 Order number: 501930  
 Received on: 23.11.2017

### Sample preparation

| Analytical method | Analytical method description                             | Number of samples |
|-------------------|---|-------------------|
| 35                | Subsampling by riffle splitter                            | 21 pcs            |
| 40                | Pulverizing in carbon steel bowl, 0,1 - 0,2 kg subsamples | 21 pcs            |
| 512 *             | Aqua regia digestion at 90°C , subsample 2 g              | 17 pcs            |

### Results

Analytical method: 512P  
 Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code   | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter                | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                     | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit          | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| Sample id                |        |        |        |        |        |
| CW maaliskuu 2017        | 528    | 1020   | 56600  | 67600  | 1490   |
| CW maaliskuu 2017 (2)    | 528    | 1020   | 56900  | 67700  | 1490   |
| CW huhtikuu 2017         | 651    | 704    | 51300  | 45200  | 1200   |
| CW toukokuu 2017         | 671    | 997    | 63100  | 50100  | 854    |
| CW kesäkuu 2017          | 418    | 709    | 44000  | 49300  | 727    |
| CW heinäkuu 2017         | 537    | 897    | 60400  | 60500  | 869    |
| UNW maaliskuu 2017       | 599    | 845    | 54600  | 68500  | 1140   |
| UNW huhtikuu 2017        | 466    | 611    | 44300  | 46400  | 680    |
| UNW toukokuu 2017        | 531    | 982    | 56000  | 57200  | 909    |
| UNW kesäkuu 2017         | 571    | 642    | 49900  | 54200  | 909    |
| UNW heinäkuu 2017        | 467    | 645    | 48200  | 54500  | 845    |
| USW maaliskuu 2017       | 434    | 290    | 38100  | 42800  | 439    |
| USW huhtikuu 2017        | 566    | 276    | 48000  | 53600  | 637    |
| USW toukokuu 2017        | 533    | 289    | 42800  | 50800  | 909    |
| USW kesäkuu 2017         | 601    | 269    | 31200  | 28700  | 329    |
| USW heinäkuu 2017        | 627    | 385    | 39700  | 39900  | 515    |
| Rikastushiekka A 09_2017 | 559    | 400    | 51900  | 53000  | 1050   |
| Rikastushiekka B 09_2017 | 363    | 3280   | 295000 | 26900  | 14600  |

Report No.: 024647

13.12.2017

Analytical method: 810L

Analytical method description: Analysis of S by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code       | 810L * |
|------------------------------|--------|
| Parameter                    | S *    |
| Unit                         | %      |
| Detection Limit              | 0.01   |
| Sample id                    |        |
| CW maaliskuu 2017            | 0.93   |
| CW maaliskuu 2017 (2)        | 0.92   |
| CW huhtikuu 2017             | 0.81   |
| CW toukokuu 2017             | 1.20   |
| CW kesäkuu 2017              | 0.46   |
| CW heinäkuu 2017             | 0.96   |
| UNW maaliskuu 2017           | 0.64   |
| UNW huhtikuu 2017            | 0.45   |
| UNW toukokuu 2017            | 0.72   |
| UNW kesäkuu 2017             | 0.43   |
| UNW heinäkuu 2017            | 0.52   |
| USW maaliskuu 2017           | 0.15   |
| USW huhtikuu 2017            | 0.17   |
| USW toukokuu 2017            | 0.24   |
| USW kesäkuu 2017             | 0.11   |
| USW heinäkuu 2017            | 0.20   |
| Rikastushiekka A 08_2017     | 0.78   |
| Rikastushiekka A 09_2017     | 0.68   |
| Rikastushiekka A 10_2017     | 0.67   |
| Rikastushiekka B 08_2017     | 20.0   |
| Rikastushiekka B 09_2017     | 18.2   |
| Rikastushiekka B 09_2017 (2) | 18.2   |
| Rikastushiekka B 10_2017     | 15.3   |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code | 811L * |
|------------------------|--------|
| Parameter              | C *    |
| Unit                   | %      |
| Detection Limit        | 0.05   |
| Sample id              |        |
| CW maaliskuu 2017      | 0.23   |
| CW maaliskuu 2017 (2)  | 0.24   |
| CW huhtikuu 2017       | 0.37   |
| CW toukokuu 2017       | 0.39   |
| CW kesäkuu 2017        | 0.30   |
| CW heinäkuu 2017       | 0.31   |
| UNW maaliskuu 2017     | 0.43   |
| UNW huhtikuu 2017      | 0.35   |
| UNW toukokuu 2017      | 0.34   |
| UNW kesäkuu 2017       | 0.36   |
| UNW heinäkuu 2017      | 0.27   |

Report No.: 024647

13.12.2017

| Analytical method code       | 811L * |
|------------------------------|--------|
| Parameter                    | C *    |
| Unit                         | %      |
| Detection Limit              | 0.05   |
| Sample id                    |        |
| USW maaliskuu 2017           | 0.39   |
| USW huhtikuu 2017            | 0.28   |
| USW toukokuu 2017            | 0.22   |
| USW kesäkuu 2017             | 0.42   |
| USW heinäkuu 2017            | 0.42   |
| Rikastushiekka A 08_2017     | 0.23   |
| Rikastushiekka A 09_2017     | 0.24   |
| Rikastushiekka A 10_2017     | 0.22   |
| Rikastushiekka B 08_2017     | 0.24   |
| Rikastushiekka B 09_2017     | 0.27   |
| Rikastushiekka B 09_2017 (2) | 0.29   |
| Rikastushiekka B 10_2017     | 0.25   |

Analytical method: 814G

Analytical method description: Gravimetric determination of moisture or dry matter

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code   | 814G     |
|--------------------------|----------|
| Parameter                | Moisture |
| Unit                     | %        |
| Detection Limit          | 0.1      |
| Sample id                |          |
| CW maaliskuu 2017        | 0.2      |
| CW huhtikuu 2017         | 0.1      |
| CW toukokuu 2017         | 0.1      |
| CW kesäkuu 2017          | 0.2      |
| CW heinäkuu 2017         | 0.1      |
| UNW maaliskuu 2017       | <0.1     |
| UNW huhtikuu 2017        | <0.1     |
| UNW toukokuu 2017        | <0.1     |
| UNW kesäkuu 2017         | <0.1     |
| UNW heinäkuu 2017        | <0.1     |
| USW maaliskuu 2017       | <0.1     |
| USW huhtikuu 2017        | 0.1      |
| USW toukokuu 2017        | <0.1     |
| USW kesäkuu 2017         | <0.1     |
| USW heinäkuu 2017        | 0.1      |
| Rikastushiekka A 08_2017 | 0.1      |
| Rikastushiekka A 09_2017 | <0.1     |
| Rikastushiekka A 10_2017 | <0.1     |
| Rikastushiekka B 08_2017 | <0.1     |
| Rikastushiekka B 09_2017 | <0.1     |
| Rikastushiekka B 10_2017 | <0.1     |

Analytical method

Gravimetric determination of moisture or dry matter:  
Residual moisture in pulverized sample.

Report No.: 024647

13.12.2017

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code       | 816L   | 816L       |
|------------------------------|--------|------------|
| Parameter                    | C carb | C non carb |
| Unit                         | %      | %          |
| Detection Limit              | 0.05   | 0.05       |
| Sample id                    |        |            |
| CW maaliskuu 2017            | 0.12   | 0.11       |
| CW maaliskuu 2017 (2)        | 0.13   | 0.12       |
| CW huhtikuu 2017             | 0.21   | 0.16       |
| CW toukokuu 2017             | 0.24   | 0.15       |
| CW kesäkuu 2017              | 0.19   | 0.11       |
| CW heinäkuu 2017             | 0.20   | 0.11       |
| UNW maaliskuu 2017           | 0.31   | 0.12       |
| UNW huhtikuu 2017            | 0.24   | 0.11       |
| UNW toukokuu 2017            | 0.22   | 0.12       |
| UNW kesäkuu 2017             | 0.22   | 0.14       |
| UNW heinäkuu 2017            | 0.17   | 0.10       |
| USW maaliskuu 2017           | 0.24   | 0.15       |
| USW huhtikuu 2017            | 0.16   | 0.12       |
| USW toukokuu 2017            | 0.12   | 0.09       |
| USW kesäkuu 2017             | 0.27   | 0.15       |
| USW heinäkuu 2017            | 0.30   | 0.12       |
| Rikastushiekka A 08_2017     | 0.21   | <0.05      |
| Rikastushiekka A 09_2017     | 0.23   | <0.05      |
| Rikastushiekka A 10_2017     | 0.20   | <0.05      |
| Rikastushiekka B 08_2017     | 0.21   | <0.05      |
| Rikastushiekka B 09_2017     | 0.24   | <0.05      |
| Rikastushiekka B 09_2017 (2) | 0.26   | <0.05      |
| Rikastushiekka B 10_2017     | 0.21   | <0.05      |

Analytical method: 826T1

Analytical method description: Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code   | 826T1 | 826T1     | 826T1        | 826T1        |
|--------------------------|-------|-----------|--------------|--------------|
| Parameter                | NAGpH | EC        | NAG (pH 4,5) | NAG (pH 7,0) |
| Unit                     | pH    | mS/m 25°C | kg H2SO4/t   | kg H2SO4/t   |
| Detection Limit          |       |           |              |              |
| Sample id                |       |           |              |              |
| CW maaliskuu 2017        | 7.91  | 27.7      | 0            | 0            |
| CW maaliskuu 2017 (2)    | 7.99  | 27.0      | 0            | 0            |
| CW kesäkuu 2017          | 8.42  | 23.8      | 0            | 0            |
| UNW maaliskuu 2017       | 8.97  | 25.2      | 0            | 0            |
| UNW kesäkuu 2017         | 9.37  | 21.1      | 0            | 0            |
| USW maaliskuu 2017       | 10.09 | 17.0      | 0            | 0            |
| USW kesäkuu 2017         | 10.30 | 20.2      | 0            | 0            |
| Rikastushiekka A 09_2017 | 8.27  | 28.5      | 0            | 0            |
| Rikastushiekka B 09_2017 | 3.29  | 16.7      | 17.2         | 46.8         |

Report No.: 024647

13.12.2017

Analytical method: 827T  
 Analytical method description: ABA test  
 Standard Method: SFS-EN 15875  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code       | 827T                    | 827T                    | 827T | 827T                                 | 827T                                 | 827T                                 |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Parameter                    | AP                      | NP                      | NPR  | ANC                                  | MPA                                  | NAPP                                 |
| Unit                         | kg CaCO <sub>3</sub> /t | kg CaCO <sub>3</sub> /t |      | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t | kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t |
| Detection Limit              | 0.3                     |                         |      |                                      | 0.3                                  |                                      |
| Sample id                    |                         |                         |      |                                      |                                      |                                      |
| CW maaliskuu 2017            | 29.1                    | 106.4                   | 3.66 | 104.2                                | 28.5                                 | -75.8                                |
| CW maaliskuu 2017 (2)        | 28.9                    | 106.2                   | 3.68 | 104.0                                | 28.3                                 | -75.7                                |
| CW huhtikuu 2017             | 25.4                    | 66.2                    | 2.60 | 64.8                                 | 24.9                                 | -39.9                                |
| CW toukokuu 2017             | 37.4                    | 89.7                    | 2.40 | 87.9                                 | 36.6                                 | -51.2                                |
| CW kesäkuu 2017              | 14.2                    | 87.9                    | 6.18 | 86.0                                 | 13.9                                 | -72.1                                |
| CW heinäkuu 2017             | 30.1                    | 108.4                   | 3.60 | 106.2                                | 29.4                                 | -76.7                                |
| UNW maaliskuu 2017           | 20.0                    | 108.2                   | 5.41 | 105.9                                | 19.6                                 | -86.3                                |
| UNW huhtikuu 2017            | 14.0                    | 81.1                    | 5.80 | 79.4                                 | 13.7                                 | -65.7                                |
| UNW toukokuu 2017            | 22.6                    | 98.8                    | 4.37 | 96.7                                 | 22.1                                 | -74.6                                |
| UNW kesäkuu 2017             | 13.5                    | 86.5                    | 6.40 | 84.7                                 | 13.2                                 | -71.4                                |
| UNW heinäkuu 2017            | 16.3                    | 95.0                    | 5.84 | 93.1                                 | 15.9                                 | -77.1                                |
| USW maaliskuu 2017           | 4.7                     | 73.2                    | 15.5 | 71.7                                 | 4.6                                  | -67.1                                |
| USW huhtikuu 2017            | 5.2                     | 72.9                    | 13.9 | 71.4                                 | 5.1                                  | -66.3                                |
| USW toukokuu 2017            | 7.4                     | 78.2                    | 10.6 | 76.6                                 | 7.2                                  | -69.4                                |
| USW kesäkuu 2017             | 3.3                     | 46.0                    | 14.0 | 45.1                                 | 3.2                                  | -41.8                                |
| USW heinäkuu 2017            | 6.2                     | 67.4                    | 11.0 | 66.0                                 | 6.0                                  | -60.0                                |
| Rikastushiekka A 08_2017     | 24.5                    | 80.1                    | 3.27 | 78.4                                 | 24.0                                 | -54.5                                |
| Rikastushiekka A 09_2017     | 21.1                    | 65.9                    | 3.12 | 64.5                                 | 20.7                                 | -43.8                                |
| Rikastushiekka A 10_2017     | 20.8                    | 74.9                    | 3.60 | 73.4                                 | 20.4                                 | -53.0                                |
| Rikastushiekka B 08_2017     | 625                     | 38.3                    | 0.06 | 37.6                                 | 612                                  | 574.9                                |
| Rikastushiekka B 09_2017     | 570                     | 44.7                    | 0.08 | 43.7                                 | 558                                  | 514.0                                |
| Rikastushiekka B 09_2017 (2) | 569                     | 43.6                    | 0.08 | 42.7                                 | 557                                  | 514.5                                |
| Rikastushiekka B 10_2017     | 478                     | 54.1                    | 0.11 | 53.0                                 | 468                                  | 414.8                                |

Analytical method ABA test:  
 AP has been calculated from total S (method 810L), NPR = NP/AP

ANC [kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t] = 0.979 × NP [kg CaCO<sub>3</sub>/t]  
 MPA [kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t] = 30.6 × S [%], S [%] from method 810L  
 NAPP = MPA - ANC

### Quality control samples

Analytical method: 512P  
 Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code     | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter                  | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                       | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit            | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| QC-Sample id / Description |        |        |        |        |        |
| 17031147 / QCISOKEA        | <1     | <1     | <50    | <10    | <2     |
| 17031148 / QCMCS           | 16.6   | 5.1    | 10500  | 3840   | 12.3   |
| 17031149 / QCTILL2         | 34.1   | 147    | 34300  | 6970   | 30.5   |

Report No.: 024647

13.12.2017

Analytical method: 810L

Analytical method description: Analysis of S by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Analytical method code     | 810L * |
| Parameter                  | S *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.01   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 17031469 / QCGS900-5       | 0.37   |
| 17031470 / QCISOKEA        | <0.01  |
| 17031471 / QCGS310-7       | 10.8   |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Analytical method code     | 811L * |
| Parameter                  | C *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.05   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 17031466 / QCGS900-5       | 0.68   |
| 17031467 / QCGS310-7       | 4.15   |
| 17031468 / QCISOKEA        | <0.05  |

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Analytical method code     | 816L       |
| Parameter                  | C non carb |
| Unit                       | %          |
| Detection Limit            | 0.05       |
| QC-Sample id / Description |            |
| 17031439 / QCSK1           | 0.72       |
| 17031440 / QCUUTTOSOKEA    | <0.05      |

Analytical method: 826T1

Analytical method description: Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |       |           |              |              |
|----------------------------|-------|-----------|--------------|--------------|
| Analytical method code     | 826T1 | 826T1     | 826T1        | 826T1        |
| Parameter                  | NAGpH | EC        | NAG (pH 4,5) | NAG (pH 7,0) |
| Unit                       | pH    | mS/m 25°C | kg H2SO4/t   | kg H2SO4/t   |
| Detection Limit            |       |           |              |              |
| QC-Sample id / Description |       |           |              |              |
| 17033000 / QCGS905-2       | 3.15  | 53.4      | 4.11         | 6.36         |

Report No.: 024647

13.12.2017

Analytical method: 827T  
Analytical method description: ABA test  
Standard Method: SFS-EN 15875  
Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| Analytical method code     | 827T                    |
| Parameter                  | NP                      |
| Unit                       | kg CaCO <sub>3</sub> /t |
| Detection Limit            |                         |
| QC-Sample id / Description |                         |
| 17033132 / QCKZK1          | 60.8                    |
| 17033133 / QCKZK1          | 59.7                    |
| 17033134 / QCKZK1          | 59.6                    |
| 17033135 / QCKZK1          | 59.8                    |

\* Accredited

13.12.2017 Susanna Arvilommi  
Laboratoriopäällikkö/Laboratory manager

Distribution Boliden Kevitsa Mining Oy  
Koskela, Juha / Boliden Kevitsa Mining Oy  
Kostamo, Mikael / Boliden Kevitsa Mining Oy  
Syrjälä, Ulla / Boliden Kevitsa Mining Oy



Report No.: 025982

9.1.2018

Boliden Kevitsa Mining Oy  
 Mikael Kostamo  
 Kevitsantie 730  
 99670 Petkula

Request: S17-07240  
 Customer referral number: PO40518  
 Order number: 501957  
 Received on: 22.12.2017

### Sample preparation

| Analytical method | Analytical method description                             | Number of samples |
|-------------------|---|-------------------|
| 35                | Subsampling by riffle splitter                            | 8 pcs             |
| 40                | Pulverizing in carbon steel bowl, 0,1 - 0,2 kg subsamples | 8 pcs             |
| 512 *             | Aqua regia digestion at 90°C , subsample 2 g              | 6 pcs             |

### Results

Analytical method: 512P  
 Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter              | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                   | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit        | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| Sample id              |        |        |        |        |        |
| CW elokuu 2017         | 598    | 956    | 57900  | 47500  | 865    |
| CW elokuu 2017 (2)     | 599    | 951    | 57500  | 47400  | 873    |
| CW syyskuu 2017        | 529    | 1540   | 52100  | 55300  | 1400   |
| UNW elokuu 2017        | 556    | 784    | 49000  | 47800  | 769    |
| UNW syyskuu 2017       | 565    | 562    | 43800  | 47200  | 1040   |
| USW elokuu 2017        | 502    | 750    | 37100  | 36900  | 662    |
| USW syyskuu 2017       | 490    | 328    | 34500  | 33300  | 427    |

Analytical method: 810L  
 Analytical method description: Analysis of S by combustion technique  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code | 810L * |
|------------------------|--------|
| Parameter              | S *    |
| Unit                   | %      |
| Detection Limit        | 0.01   |
| Sample id              |        |
| CW elokuu 2017         | 1.01   |
| CW elokuu 2017 (2)     | 1.00   |
| CW syyskuu 2017        | 1.03   |
| UNW elokuu 2017        | 0.51   |
| UNW syyskuu 2017       | 0.43   |
| USW elokuu 2017        | 0.31   |

Report No.: 025982

9.1.2018

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Analytical method code   | 810L * |
| Parameter                | S *    |
| Unit                     | %      |
| Detection Limit          | 0.01   |
| Sample id                |        |
| USW syyskuu 2017         | 0.19   |
| Rikastushiekka A 11_2017 | 1.04   |
| Rikastushiekka B 11_2017 | 20.3   |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Analytical method code   | 811L * |
| Parameter                | C *    |
| Unit                     | %      |
| Detection Limit          | 0.05   |
| Sample id                |        |
| CW elokuu 2017           | 0.36   |
| CW elokuu 2017 (2)       | 0.35   |
| CW syyskuu 2017          | 0.27   |
| UNW elokuu 2017          | 0.40   |
| UNW syyskuu 2017         | 0.39   |
| USW elokuu 2017          | 0.44   |
| USW syyskuu 2017         | 0.37   |
| Rikastushiekka A 11_2017 | 0.28   |
| Rikastushiekka B 11_2017 | 0.26   |

Analytical method: 814G

Analytical method description: Gravimetric determination of moisture or dry matter

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| Analytical method code   | 814G     |
| Parameter                | Moisture |
| Unit                     | %        |
| Detection Limit          | 0.1      |
| Sample id                |          |
| CW elokuu 2017           | 0.1      |
| CW elokuu 2017 (2)       | <0.1     |
| CW syyskuu 2017          | <0.1     |
| UNW elokuu 2017          | <0.1     |
| UNW syyskuu 2017         | <0.1     |
| USW elokuu 2017          | 0.1      |
| USW syyskuu 2017         | <0.1     |
| Rikastushiekka A 11_2017 | <0.1     |
| Rikastushiekka B 11_2017 | <0.1     |

Analytical method Gravimetric determination of moisture or dry matter:  
Residual moisture in pulverized sample.

Report No.: 025982

9.1.2018

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code   | 816L   | 816L       |
|--------------------------|--------|------------|
| Parameter                | C carb | C non carb |
| Unit                     | %      | %          |
| Detection Limit          | 0.05   | 0.05       |
| Sample id                |        |            |
| CW elokuu 2017           | 0.23   | 0.14       |
| CW elokuu 2017 (2)       | 0.20   | 0.15       |
| CW syyskuu 2017          | 0.16   | 0.11       |
| UNW elokuu 2017          | 0.26   | 0.14       |
| UNW syyskuu 2017         | 0.27   | 0.12       |
| USW elokuu 2017          | 0.30   | 0.15       |
| USW syyskuu 2017         | 0.20   | 0.17       |
| Rikastushiekka A 11_2017 | 0.24   | <0.05      |
| Rikastushiekka B 11_2017 | 0.21   | <0.05      |

Analytical method: 826T1

Analytical method description: Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code | 826T1 | 826T1     | 826T1        | 826T1        |
|------------------------|-------|-----------|--------------|--------------|
| Parameter              | NAGpH | EC        | NAG (pH 4,5) | NAG (pH 7,0) |
| Unit                   | pH    | mS/m 25°C | kg H2SO4/t   | kg H2SO4/t   |
| Detection Limit        |       |           |              |              |
| Sample id              |       |           |              |              |
| CW syyskuu 2017        | 8.47  | 32.3      | 0            | 0            |
| UNW syyskuu 2017       | 9.70  | 24.4      | 0            | 0            |
| USW syyskuu 2017       | 10.10 | 20.1      | 0            | 0            |

Analytical method: 827T

Analytical method description: ABA test

Standard Method: SFS-EN 15875

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code   | 827T       | 827T       | 827T | 827T       | 827T       | 827T       |
|--------------------------|------------|------------|------|------------|------------|------------|
| Parameter                | AP         | NP         | NPR  | ANC        | MPA        | NAPP       |
| Unit                     | kg CaCO3/t | kg CaCO3/t |      | kg H2SO4/t | kg H2SO4/t | kg H2SO4/t |
| Detection Limit          | 0.3        |            |      |            | 0.3        |            |
| Sample id                |            |            |      |            |            |            |
| CW elokuu 2017           | 31.4       | 84.1       | 2.68 | 82.4       | 30.8       | -51.6      |
| CW elokuu 2017 (2)       | 31.3       | 84.2       | 2.69 | 82.4       | 30.7       | -51.8      |
| CW syyskuu 2017          | 32.2       | 89.4       | 2.77 | 87.6       | 31.6       | -56.0      |
| UNW elokuu 2017          | 16.0       | 85.6       | 5.33 | 83.8       | 15.7       | -68.1      |
| UNW syyskuu 2017         | 13.3       | 74.0       | 5.55 | 72.5       | 13.1       | -59.4      |
| USW elokuu 2017          | 9.6        | 64.1       | 6.68 | 62.8       | 9.4        | -53.4      |
| USW syyskuu 2017         | 5.9        | 56.8       | 9.67 | 55.6       | 5.7        | -49.8      |
| Rikastushiekka A 11_2017 | 32.6       | 74.2       | 2.27 | 72.6       | 32.0       | -40.7      |
| Rikastushiekka B 11_2017 | 633        | 42.2       | 0.07 | 41.4       | 620        | 578.4      |

Report No.: 025982

9.1.2018

Analytical method ABA test:  
AP has been calculated from total S (method 810L),  $NPR = NP/AP$

$ANC [kg H_2SO_4/t] = 0.979 \times NP [kg CaCO_3/t]$   
 $MPA [kg H_2SO_4/t] = 30.6 \times S [\%]$ , S [%] from method 810L  
 $NAPP = MPA - ANC$

**Quality control samples**

Analytical method: 512P

Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code     | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter                  | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                       | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit            | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| QC-Sample id / Description |        |        |        |        |        |
| 17034945 / QCTILL2         | 33.3   | 143    | 33100  | 6790   | 29.6   |
| 17034946 / QCMCS           | 16.1   | 4.9    | 10400  | 3760   | 12.1   |
| 17034947 / QCSOKEA         | <1     | <1     | <50    | <10    | <2     |

Analytical method: 810L

Analytical method description: Analysis of S by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code     | 810L * |
|----------------------------|--------|
| Parameter                  | S *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.01   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 17034922 / QCSOKEA         | <0.01  |
| 17034923 / QCGS900-5       | 0.35   |
| 17034924 / QCGS310-7       | 10.7   |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code     | 811L * |
|----------------------------|--------|
| Parameter                  | C *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.05   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 17034925 / QCGS900-5       | 0.68   |
| 17034926 / QCSOKEA         | <0.05  |
| 17034927 / QCGS310-7       | 4.15   |

Report No.: 025982

9.1.2018

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Analytical method code     | 816L       |
| Parameter                  | C non carb |
| Unit                       | %          |
| Detection Limit            | 0.05       |
| QC-Sample id / Description |            |
| 18000405 / QCSK1           | 0.72       |
| 18000406 / QCUUTTOSOKEA    | <0.05      |

Analytical method: 826T1

Analytical method description: Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002

Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code     | 826T1 | 826T1     | 826T1        | 826T1        |
|----------------------------|-------|-----------|--------------|--------------|
| Parameter                  | NAGpH | EC        | NAG (pH 4,5) | NAG (pH 7,0) |
| Unit                       | pH    | mS/m 25°C | kg H2SO4/t   | kg H2SO4/t   |
| Detection Limit            |       |           |              |              |
| QC-Sample id / Description |       |           |              |              |
| 18000023 / QCGS905-2       | 3.13  | 52.4      | 4.05         | 6.55         |

Analytical method: 827T

Analytical method description: ABA test

Standard Method: SFS-EN 15875

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Analytical method code     | 827T       |
| Parameter                  | NP         |
| Unit                       | kg CaCO3/t |
| Detection Limit            |            |
| QC-Sample id / Description |            |
| 18000367 / QCKZK1          | 58.3       |

\* Accredited

9.1.2018

Susanna Arvilommi  
Laboratoriopäällikkö/Laboratory manager

Distribution

Boliden Kevitsa Mining Oy  
Koskela, Juha / Boliden Kevitsa Mining Oy  
Kostamo, Mikael / Boliden Kevitsa Mining Oy  
Syrjälä, Ulla / Boliden Kevitsa Mining Oy

Report No.: 026931

26.1.2018

Boliden Kevitsa Mining Oy  
 Mikael Kostamo  
 Kevitsantie 730  
 99670 Petkula

Request: S18-07448  
 Customer referral number: PO40518  
 Order number: 501963  
 Received on: 8.1.2018

## Sample preparation

| Analytical method | Analytical method description                             | Number of samples |
|-------------------|---|-------------------|
| 35                | Subsampling by riffle splitter                            | 6 pcs             |
| 40                | Pulverizing in carbon steel bowl, 0,1 - 0,2 kg subsamples | 6 pcs             |
| 512 *             | Aqua regia digestion at 90°C , subsample 2 g              | 6 pcs             |

## Results

Analytical method: 512P  
 Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter              | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                   | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit        | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| Sample id              |        |        |        |        |        |
| CW lokakuu 2017        | 591    | 1280   | 54300  | 53600  | 1020   |
| CW lokakuu 2017 (2)    | 577    | 1270   | 54400  | 53000  | 1030   |
| CW marraskuu 2017      | 490    | 1380   | 57300  | 59100  | 1100   |
| UNW lokakuu 2017       | 748    | 766    | 53100  | 56500  | 1180   |
| UNW marraskuu 2017     | 606    | 701    | 45200  | 41600  | 657    |
| USW lokakuu 2017       | 477    | 257    | 38200  | 42500  | 444    |
| USW marraskuu 2017     | 497    | 284    | 36000  | 36100  | 433    |

Analytical method: 810L  
 Analytical method description: Analysis of S by combustion technique  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code | 810L * |
|------------------------|--------|
| Parameter              | S *    |
| Unit                   | %      |
| Detection Limit        | 0.01   |
| Sample id              |        |
| CW lokakuu 2017        | 0.90   |
| CW lokakuu 2017 (2)    | 0.88   |
| CW marraskuu 2017      | 0.91   |
| UNW lokakuu 2017       | 0.52   |
| UNW marraskuu 2017     | 0.43   |
| USW lokakuu 2017       | 0.15   |

Report No.: 026931

26.1.2018

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Analytical method code | 810L * |
| Parameter              | S *    |
| Unit                   | %      |
| Detection Limit        | 0.01   |
| Sample id              |        |
| USW marraskuu 2017     | 0.20   |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Analytical method code | 811L * |
| Parameter              | C *    |
| Unit                   | %      |
| Detection Limit        | 0.05   |
| Sample id              |        |
| CW lokakuu 2017        | 0.34   |
| CW lokakuu 2017 (2)    | 0.36   |
| CW marraskuu 2017      | 0.82   |
| UNW lokakuu 2017       | 0.58   |
| UNW marraskuu 2017     | 0.41   |
| USW lokakuu 2017       | 0.24   |
| USW marraskuu 2017     | 0.36   |

Analytical method: 814G

Analytical method description: Gravimetric determination of moisture or dry matter

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Analytical method code | 814G     |
| Parameter              | Moisture |
| Unit                   | %        |
| Detection Limit        | 0.1      |
| Sample id              |          |
| CW lokakuu 2017        | 0.2      |
| CW lokakuu 2017 (2)    | 0.2      |
| CW marraskuu 2017      | 0.2      |
| UNW lokakuu 2017       | 0.2      |
| UNW marraskuu 2017     | <0.1     |
| USW lokakuu 2017       | 0.2      |
| USW marraskuu 2017     | 0.1      |

Analytical method Gravimetric determination of moisture or dry matter:  
Residual moisture in pulverized sample.

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

Report No.: 026931

26.1.2018

| Analytical method code | 816L   | 816L       |
|------------------------|--------|------------|
| Parameter              | C carb | C non carb |
| Unit                   | %      | %          |
| Detection Limit        | 0.05   | 0.05       |
| Sample id              |        |            |
| CW lokakuu 2017        | 0.22   | 0.12       |
| CW lokakuu 2017 (2)    | 0.21   | 0.14       |
| CW marraskuu 2017      | 0.69   | 0.13       |
| UNW lokakuu 2017       | 0.43   | 0.15       |
| UNW marraskuu 2017     | 0.27   | 0.14       |
| USW lokakuu 2017       | 0.10   | 0.13       |
| USW marraskuu 2017     | 0.21   | 0.15       |

Analytical method: 827T  
 Analytical method description: ABA test  
 Standard Method: SFS-EN 15875  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code | 827T       | 827T       | 827T |
|------------------------|------------|------------|------|
| Parameter              | AP         | NP         | NPR  |
| Unit                   | kg CaCO3/t | kg CaCO3/t |      |
| Detection Limit        | 0.3        |            |      |
| Sample id              |            |            |      |
| CW lokakuu 2017        | 28.0       | 100.6      | 3.60 |
| CW lokakuu 2017 (2)    | 27.6       | 99.9       | 3.62 |
| CW marraskuu 2017      | 28.3       | 132.3      | 4.68 |
| UNW lokakuu 2017       | 16.2       | 100.8      | 6.22 |
| UNW marraskuu 2017     | 13.4       | 74.7       | 5.59 |
| USW lokakuu 2017       | 4.7        | 71.4       | 15.3 |
| USW marraskuu 2017     | 6.1        | 66.1       | 10.8 |

Analytical method ABA test:  
 AP has been calculated from total S (method 810L). NPR = NP/AP

### Quality control samples

Analytical method: 512P  
 Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES  
 Analyzed in laboratory: Kuopio

| Analytical method code     | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter                  | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                       | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit            | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| QC-Sample id / Description |        |        |        |        |        |
| 18000909 / QCTILL2         | 35.0   | 151    | 34300  | 7050   | 31.1   |
| 18000910 / QCMCS           | 17.0   | 5.3    | 10700  | 3860   | 13.1   |
| 18000911 / QCSOKEA         | <1     | <1     | <50    | 18     | <2     |



Report No.: 026931

26.1.2018

Analytical method: 810L

Analytical method description: Analysis of S by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Analytical method code     | 810L * |
| Parameter                  | S *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.01   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 18000503 / QCISOKEA        | 0.01   |
| 18000504 / QCGS900-5       | 0.36   |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Analytical method code     | 811L * |
| Parameter                  | C *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.05   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 18000505 / QCGS900-5       | 0.66   |
| 18000506 / QCISOKEA        | <0.05  |

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Analytical method code     | 816L       |
| Parameter                  | C non carb |
| Unit                       | %          |
| Detection Limit            | 0.05       |
| QC-Sample id / Description |            |
| 18002537 / QCSK1           | 0.74       |
| 18002538 / QCUUTTOSOKEA    | 0.08       |

Analytical method: 827T

Analytical method description: ABA test

Standard Method: SFS-EN 15875

Analyzed in laboratory: Kuopio

|                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| Analytical method code     | 827T                    |
| Parameter                  | NP                      |
| Unit                       | kg CaCO <sub>3</sub> /t |
| Detection Limit            |                         |
| QC-Sample id / Description |                         |
| 18000993 / QCKZK1          | 59.2                    |

Report No.: 026931

26.1.2018

---

\* Accredited

26.1.2018            Susanna Arvilommi  
Laboratoriopäällikkö/Laboratory manager

Distribution            Boliden Kevitsa Mining Oy  
Kostamo, Mikael / Boliden Kevitsa Mining Oy

Report No.: 028163

15.2.2018

Boliden Kevitsa Mining Oy  
Mikael Kostamo  
Kevitsantie 730  
99670 Petkula

Request: S18-07537  
Customer referral number: P040518  
Order number: 501967  
Received on: 12.1.2018

## Results

Analytical method: 512P

Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES

| Analytical method code   | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter                | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                     | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit          | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| Sample id                |        |        |        |        |        |
| CW joulukuu 2017         | 559    | 1010   | 57300  | 58200  | 998    |
| CW joulukuu 2017 (2)     | 557    | 997    | 57000  | 57700  | 994    |
| UNW joulukuu 2017        | 652    | 817    | 44300  | 45700  | 850    |
| USW joulukuu 2017        | 500    | 251    | 34700  | 32900  | 390    |
| Rikastushiekka A 12_2017 | 599    | 585    | 56500  | 59200  | 1050   |
| Rikastushiekka B 12_2017 | 422    | 4690   | 257000 | 33700  | 12500  |

Analytical method: 810L

Analytical method description: Analysis of S by combustion technique

| Analytical method code   | 810L * |
|--------------------------|--------|
| Parameter                | S *    |
| Unit                     | %      |
| Detection Limit          | 0.01   |
| Sample id                |        |
| CW joulukuu 2017         | 0.98   |
| CW joulukuu 2017 (2)     | 0.99   |
| UNW joulukuu 2017        | 0.47   |
| USW joulukuu 2017        | 0.17   |
| Rikastushiekka A 12_2017 | 0.75   |
| Rikastushiekka B 12_2017 | 15.2   |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Report No.: 028163

15.2.2018

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Analytical method code   | 811L * |
| Parameter                | C *    |
| Unit                     | %      |
| Detection Limit          | 0.05   |
| Sample id                |        |
| CW joulukuu 2017         | 0.30   |
| CW joulukuu 2017 (2)     | 0.31   |
| UNW joulukuu 2017        | 0.40   |
| USW joulukuu 2017        | 0.33   |
| Rikastushiekka A 12_2017 | 0.23   |
| Rikastushiekka B 12_2017 | 0.28   |

Analytical method: 814G

Analytical method description: Gravimetric determination of moisture or dry matter

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| Analytical method code   | 814G     |
| Parameter                | Moisture |
| Unit                     | %        |
| Detection Limit          | 0.1      |
| Sample id                |          |
| CW joulukuu 2017 (2)     | 0.2      |
| UNW joulukuu 2017        | 0.2      |
| USW joulukuu 2017        | 0.1      |
| Rikastushiekka A 12_2017 | 0.1      |
| Rikastushiekka B 12_2017 | <0.1     |

Analytical method Gravimetric determination of moisture or dry matter:  
Residual moisture in pulverized sample.

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

| Analytical method code   | 816L   | 816L       |
|--------------------------|--------|------------|
| Parameter                | C carb | C non carb |
| Unit                     | %      | %          |
| Detection Limit          | 0.05   | 0.05       |
| Sample id                |        |            |
| CW joulukuu 2017 (2)     | 0.14   | 0.17       |
| UNW joulukuu 2017        | 0.24   | 0.16       |
| USW joulukuu 2017        | 0.17   | 0.17       |
| Rikastushiekka A 12_2017 | 0.20   | <0.05      |
| Rikastushiekka B 12_2017 | 0.21   | 0.07       |

Analytical method: 826T1

Analytical method description: Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002

## Test report

This test report replaces the report with  
id and date 027002, 26.01.2018

Report No.: 028163

15.2.2018

| Analytical method code   | 826T1 | 826T1     | 826T1        | 826T1        |
|--------------------------|-------|-----------|--------------|--------------|
| Parameter                | NAGpH | EC        | NAG (pH 4,5) | NAG (pH 7,0) |
| Unit                     | pH    | mS/m 25°C | kg H2SO4/t   | kg H2SO4/t   |
| Detection Limit          |       |           |              |              |
| Sample id                |       |           |              |              |
| CW joulukuu 2017 (2)     | 8.64  | 32.4      | 0            | 0            |
| UNW joulukuu 2017        | 9.98  | 26.0      | 0            | 0            |
| USW joulukuu 2017        | 10.07 | 18.9      | 0            | 0            |
| Rikastushiekka A 12_2017 | 9.09  | 27.6      | 0            | 0            |
| Rikastushiekka B 12_2017 | 3.53  | 15.3      | 16.6         | 38.4         |

Analytical method: 827T  
Analytical method description: ABA test  
Standard Method: SFS-EN 15875

| Analytical method code   | 827T       | 827T       | 827T | 827T       | 827T       | 827T       |
|--------------------------|------------|------------|------|------------|------------|------------|
| Parameter                | AP         | NP         | NPR  | ANC        | MPA        | NAPP       |
| Unit                     | kg CaCO3/t | kg CaCO3/t |      | kg H2SO4/t | kg H2SO4/t | kg H2SO4/t |
| Detection Limit          | 0.3        |            |      |            | 0.3        |            |
| Sample id                |            |            |      |            |            |            |
| CW joulukuu 2017         | 30.6       | 85.6       | 2.79 | 83.8       | 30.0       | -53.8      |
| CW joulukuu 2017 (2)     | 30.8       | 85.4       | 2.77 | 83.6       | 30.2       | -53.4      |
| UNW joulukuu 2017        | 14.8       | 74.2       | 5.01 | 72.6       | 14.5       | -58.1      |
| USW joulukuu 2017        | 5.3        | 55.7       | 10.4 | 54.6       | 5.2        | -49.3      |
| Rikastushiekka A 12_2017 | 23.4       | 76.9       | 3.29 | 75.3       | 22.9       | -52.4      |
| Rikastushiekka B 12_2017 | 475        | 51.4       | 0.11 | 50.3       | 466        | 415.3      |

Analytical method ABA test:  
AP has been calculated from total S (method 810L), NPR = NP/AP

ANC [kg H2SO4/t] = 0.979 × NP [kg CaCO3/t]  
MPA [kg H2SO4/t] = 30.6 × S [%], S [%] from method 810L  
NAPP = MPA - ANC

## Quality control samples

Analytical method: 512P  
Analytical method description: Multi-element analysis by ICP-OES

| Analytical method code     | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * | 512P * |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Parameter                  | Cr *   | Cu *   | Fe *   | Mg *   | Ni *   |
| Unit                       | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| Detection Limit            | 1      | 1      | 50     | 10     | 2      |
| QC-Sample id / Description |        |        |        |        |        |
| 18001411 / QCTILL2         | 33.9   | 145    | 32800  | 6750   | 30.3   |
| 18001412 / QCMCS           | 16.4   | 5.0    | 10100  | 3670   | 12.2   |
| 18001413 / QCSOKEA         | <1     | <1     | <50    | <10    | <2     |

Analytical method: 810L  
Analytical method description: Analysis of S by combustion technique

Report No.: 028163

15.2.2018

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Analytical method code     | 810L * |
| Parameter                  | S *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.01   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 18001047 / QCGS900-5       | 0.35   |
| 18001048 / QCGS310-7       | 10.7   |
| 18001049 / QCSOKEA         | <0.01  |

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Analytical method code     | 811L * |
| Parameter                  | C *    |
| Unit                       | %      |
| Detection Limit            | 0.05   |
| QC-Sample id / Description |        |
| 18001044 / QCGS900-5       | 0.68   |
| 18001045 / QCSOKEA         | <0.05  |
| 18001046 / QCGS310-7       | 4.08   |

Analytical method: 816L

Analytical method description: Determination of C carb and C non carb by combustion technique

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Analytical method code     | 816L       |
| Parameter                  | C non carb |
| Unit                       | %          |
| Detection Limit            | 0.05       |
| QC-Sample id / Description |            |
| 18002535 / QCSK1           | 0.76       |
| 18002536 / QCUUTTOSOKEA    | 0.08       |

Analytical method: 826T1

Analytical method description: Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002

|                            |       |           |              |              |
|----------------------------|-------|-----------|--------------|--------------|
| Analytical method code     | 826T1 | 826T1     | 826T1        | 826T1        |
| Parameter                  | NAGpH | EC        | NAG (pH 4,5) | NAG (pH 7,0) |
| Unit                       | pH    | mS/m 25°C | kg H2SO4/t   | kg H2SO4/t   |
| Detection Limit            |       |           |              |              |
| QC-Sample id / Description |       |           |              |              |
| 18002260 / QCGS905-2       | 3.13  | 58.7      | 3.81         | 6.94         |

\* Accredited

Additional note

Replacement report



## Test report

This test report replaces the report with  
id and date 027002, 26.01.2018

5 (5)

Report No.: 028163

15.2.2018

---

15.2.2018      Susanna Arvilommi  
Laboratoriopäällikkö/Laboratory manager

Distribution      Boliden Kevitsa Mining Oy  
Kostamo, Mikael / Boliden Kevitsa Mining Oy