

Vastaanottaja  
**Boliden Kevitsa Mining Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Raportti**

Päivämäärä  
**27.2.2018**

Viite  
**1510031322-002**

# **BOLIDEN KEVITSA MINING OY**

## **RIKASTUSHIEKKAJAKEIDEN**

### **TARKKAILU VUONNA 2017**



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

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

Viite **1510031322-002**

*Kannen kuva: Rikastushiekka-allas A. 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>1</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	7
<b>6.</b>	<b>EPÄVARMUUSTARKASTELU</b>	<b>13</b>
<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 kaivoksen rikastusprosessissa muodostuu kahdenlaista rikastusjätettä eli rikastushiekkaa. A-rikastushiekka (vähärikkinen rikastushiekka) on vaahdotusvaiheiden vaahdotusjätettä ja se sijoitetaan rikastushiekka-altaalle A. B-rikastushiekka (runsasrikkinen rikastushiekka) on rautasulfidirikastetta ja se sijoitetaan rikastushiekka-altaalle B. Rikastushiekka-altaat on luokiteltu suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaviksi kaivannaisjätteen jätealueiksi.

Rikastushiekka pumpataan alaille vesilietteenä. Patojen harjoilla kiertävät runkoputket, joista rikastushiekkaa voidaan purkaa keskemälle allasta pienempiä spigottiputkia käyttäen. Vuonna 2017 A-rikastushiekkaa pumpattiin rikastushiekka-altaalle 7,5 Mt ja B-rikastushiekkaa 0,07 Mt.

## 2. NÄYTTEENOTTO JA LAADUN TARKKAILU

Rikastushiekkojen laatua seurataan osana tuotantoprosessia (ns. tuotannon tarkkailu). Tuotannon tarkkailun yhteydessä näytteistä tutkitaan mm. kuparin, sulfidisen nikkelin, kokonaisnikkelin sekä kokonaisrikin pitoisuuksia. Näytemäärät riippuvat tuotannosta. Näytteet otetaan toiminnanharjoittajan toimesta. Kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelman mukaisella tarkkailulla (*Ramboll; FQM Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma, 2.10.2015 täydennys*) varmistetaan tuotannon ohjaus sekä rikastushiekan ympäristökelpoisuus.

Rikastushiekka-altaille johtavissa putkissa on näytteenottimet, joilla kerätään näytettä automaattisesti 10–15 minuutin välein ja joista muodostuu kokoomanäytteet 12 tunnin jaksoissa 2 kertaa vuorokaudessa. Molemmista rikastushiekkajakeista kerätään omat näytteet toiminnanharjoittajan toimesta. Näytteistä poistetaan vesi suodattamalla ja uunikuivauksella kaivoksen rikastuslaboratoriossa. Kuivat näytteet lähetetään Labtiumin Sodankylän laboratorioon, joka tekee näytteistä päivittäiset tuotannon analyysit ja muodostaa näytteistä laboratorioissa viikkokokoomanäytteet. Viikkonäytteet palautetaan kaivoksen rikastuslaboratorioon, jossa näytteistä tehdään kuukausikokoomanäytteet. Kuukausikokoomanäytteet toimitetaan edelleen laboratorioon tutkittaviksi.

Vuonna 2017 kuukausinäytteet otettiin molemmista rikastushiekkajakeista tarkkailuohjelman mukaisesti kuukausittain. Määritykset tehtiin Labtium Oy:n Kuopion laboratorioissa. Laboratorion analyysitodistukset on esitetty raportin **liitteessä 1**.

## 3. TUOTANNON ANALYYSIT

Kaivoksen tuotannon aikaisista näytteistä analysoidaan mm. kuparin, nikkelin ja rikin pitoisuudet. Seuraavassa taulukossa on esitetty tuotannon tarkkailun tuotantomäärillä painotetut kuukausi- ja vuosikeskiarvopitoisuudet vuodelta 2017. Rikin vuosikeskiarvo on laskettu kumulatiivisena keskiarvona kuukausikeskiarvojen perusteella. Kevitsan kaivoksen ympäristöluvan (Nro 79/2014/1) lupamääräyksen 50 mukaisesti rikastushiekka-altaalle A sijoitettavan rikastushiekan rikkipitoisuuden on oltava tavoitearvona enintään 0,8 %. Kuukausikeskiarvot ovat vuoden 2017 aikana vaihdelleet välillä 0,31–0,85 %. Suurin rikkipitoisuus (0,85 %) todettiin marraskuussa, jolloin poikkeuksellisen suuri rikkipitoisuus rikastamolle syötetyssä malmassa nosti myös rikastushiekan rikkipitoisuutta. Merkittäviä laiterikkoja tai muita vastaavia ongelmia, jotka olisivat voineet vaikuttaa rikastushiekan rikkipitoisuuteen, ei marraskuun aikana kuitenkaan esiintynyt. Vuosikeskiarvo oli 0,59 % eli alle lupamääräyksen tavoitepitoisuuden. B-rikastushiekan rikkipitoisuus oli vuosikeskiarvona 16,64 %.

Taulukko 3-1. Rikastushiekkajakeiden tuotannon tarkkailun tulokset vuodelta 2017.

	A-rikastushiekka				B-rikastushiekka			
	Kuukausikeskiarvo			Vuosikeskiarvo	Kuukausikeskiarvo			Vuosikeskiarvo
	Cu (%)	Ni (%)	S (%)	S (%)	Cu (%)	Ni (%)	S (%)	S (%)
Tammikuu	0,03	0,05	0,63	0,63	0,50	1,22	17,90	17,90
Helmikuu	0,04	0,05	0,53	0,58	0,72	1,03	12,70	14,76
Maaliskuu	0,04	0,05	0,50	0,55	0,62	1,29	13,19	14,27
Huhtikuu	0,03	0,06	0,75	0,61	0,41	1,55	20,95	15,77
Toukokuu	0,04	0,06	0,64	0,61	0,52	1,21	15,90	15,79
Kesäkuu	0,02	0,04	0,31	0,56	0,53	1,38	14,50	15,44
Heinäkuu	0,04	0,05	0,42	0,54	0,75	1,48	15,89	15,52
Elokuu	0,04	0,07	0,66	0,55	0,67	1,44	17,02	15,75
Syyskuu	0,04	0,07	0,64	0,56	0,41	1,96	21,59	16,16
Lokakuu	0,04	0,05	0,55	0,56	0,63	1,43	14,05	16,01
Marraskuu	0,03	0,07	0,85	0,59	0,42	1,44	20,29	16,32
Joulukuu	0,03	0,05	0,62	0,59	0,48	1,24	15,68	16,28

## 4. KOKONAISPITOISUUDET

Tarkkailuohjelman mukaisesti rikastushiekkajakeiden kuukauden kokoomanäytteille tehdään neljä kertaa vuodessa kemiallinen alkuainemääritys kuningasvesiuutolla. Näytteistä analysoidaan laboratoriossa (ICP-OES/MS -tekniikalla) kromin, kuparin, nikkelin, raudan ja magnesiumin pitoisuudet. Vuonna 2017 neljännesvuosianalyysit on molemmista rikastushiekkajakeista tehty maaliskuu-, kesä-, syys- ja joulukuussa. Tutkittujen näytteiden pitoisuudet sekä niiden keskiarvot on esitetty seuraavassa taulukossa. 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. Rikastushiekkajakeiden kokonaispitoisuudet vuonna 2017 sekä PIMA-asetuksen mukaiset kynnys- ja ohjearvot.

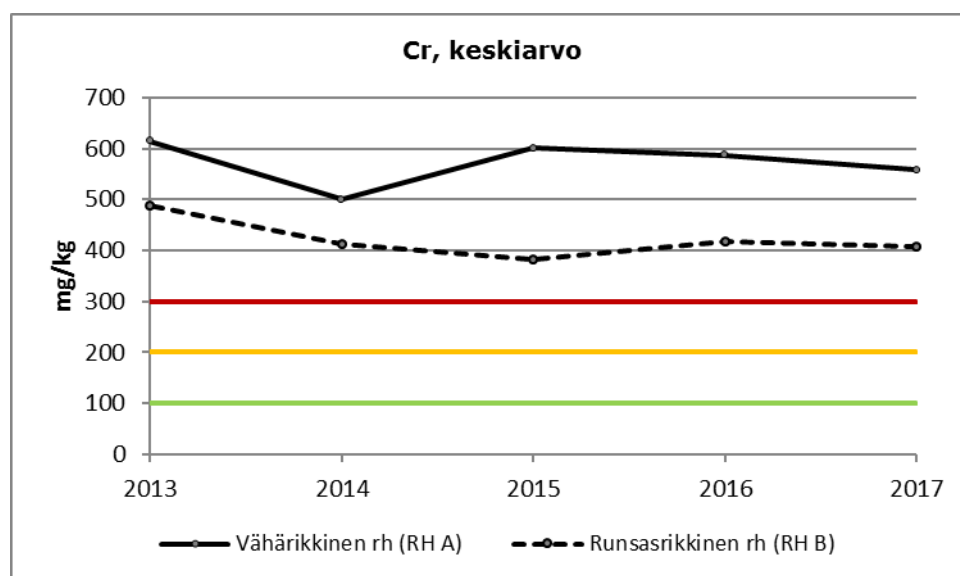
Alkuaine	Vähärikkinen rikastushiekka (RH A)					PIMA-asetus		
	Maaliskuu	Kesäkuu	Syyskuu	Joulukuu	Keskiarvo	Kynnys-arvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo
Cr mg/kg	529	546	559	599	558	100	200	300
Cu mg/kg	619	521	400	585	531	100	150	200
Ni mg/kg	1 050	971	1 050	1 050	1 030	50	100	150
Fe mg/kg	54 400	54 100	51 900	56 500	54 225	-	-	-
Mg mg/kg	60 700	59 400	53 000	59 200	58 075	-	-	-
Alkuaine	Runsasrikkinen rikastushiekka (RH B)					PIMA-asetus		
	Maaliskuu	Kesäkuu	Syyskuu	Joulukuu	Keskiarvo	Kynnys-arvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo
Cr mg/kg	443	406	363	422	409	100	200	300
Cu mg/kg	5 920	5 180	3 280	4 690	4 768	100	150	200
Ni mg/kg	14 200	13 100	14 600	12 500	13 600	50	100	150
Fe mg/kg	236 000	264 000	295 000	257 000	263 000	-	-	-
Mg mg/kg	37 500	34 200	26 900	33 700	33 075	-	-	-

A-rikastushiekkassa metallien pitoisuustasoissa oli jonkin verran vaihtelua kuparin (400–619 mg/kg) osalta, ja suurimmat pitoisuudet analysoitiin maaliskuun näytteestä. Kromin, nikkelin, raudan ja magnesiumin pitoisuudet näytteissä olivat likimäärin samalla tasolla. Kromin, kuparin ja

nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylempät ohjearvot kaikissa näytteissä. *B-rikastushiekassa* metallien pitoisuustasot olivat likimäärin samalla tasolla kaikissa tutkituissa näytteissä. Myös *B-rikastushiekassa* kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen ylempät ohjearvot. Tuotannon tarkkailun yhteydessä todetut kuparin pitoisuudet (ks. [Taulukko 3-1](#)) ovat *A-rikastushiekassa* olleet jonkin verran tarkkailuohjelman mukaista tarkkailua alemmalla tasolla ja *B-rikastushiekassa* pääosin samalla tasolla kuin tarkkailuohjelman mukaisessa tarkkailussa. Nikkelin pitoisuudet ovat *A-rikastushiekassa* olleet tuotannon tarkkailussa alemmalla tasolla ja *B-rikastushiekassa* lähes vastaavalla tasolla kuin tarkkailuohjelman mukaisessa tarkkailussa. Tuotannon tarkkailun yhteydessä analyysyjä on tehty huomattavasti enemmän kuin tarkkailuohjelman mukaisessa tarkkailussa.

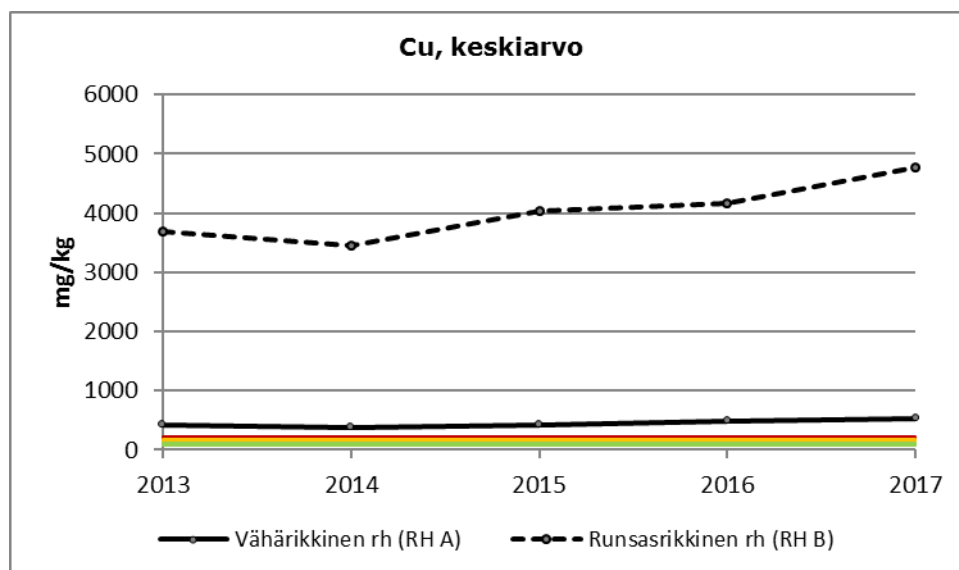
Seuraavissa kuvissa ([Kuva 4-1...Kuva 4-5](#)) on esitetty rikastushiekkajakeiden metallien kokonaispitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2017. Eri vuosien tulosten vertailussa on huomattavaa, että rikastushiekkajakeiden tarkkailua on muutettu vuoden 2015 alussa. Vuonna 2013 pitoisuudet on tutkittu puolen vuoden kokoomanäytteistä. Vuonna 2014 pitoisuudet on määritetty kuukausittain ja lisäksi on muodostettu puolen vuoden kokoomanäytteet. Vuosina 2015–2017 kokonaispitoisuudet on määritetty edellä kuvatun mukaisesti neljännesvuosittain. Kuvissa on esitetty myös PIMA-asetuksen mukaiset ohjearvot niiltä osin kuin ne on annettu; vihreällä viivalla on esitetty kynnysarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.

*A-rikastushiekan* kromin keskiarvopitoisuus oli vuonna 2014 alhaisempi kuin vuosina 2013 ja 2015–2017 ([Kuva 4-1](#)). *B-rikastushiekassa* pitoisuudet olivat vuonna 2017 likimäärin samalla tasolla kuin edellisvuonna. Kromin keskiarvopitoisuudet ovat *A-rikastushiekassa* olleet korkeampia kuin *B-rikastushiekassa*.



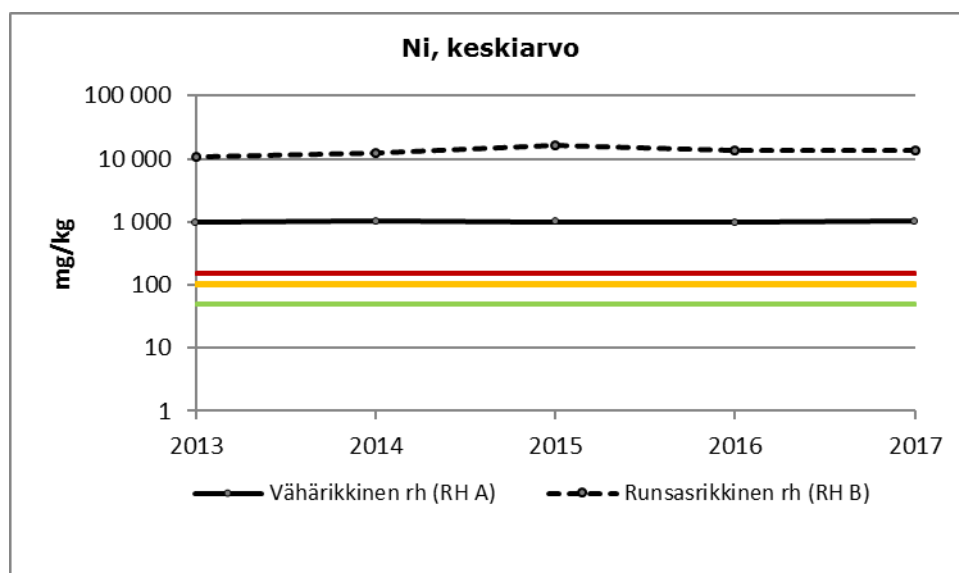
**Kuva 4-1. Rikastushiekkajakeiden kromipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2017. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnysarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.**

Kuparin keskiarvopitoisuudet ovat nousseet tasaisesti vuodesta 2014 lähtien (Kuva 4-2) molemmissa rikastushiekkajakeissa. B-rikastushiekan kuparipitoisuudet olivat vuonna 2017 noin 9-kertaisia A-rikastushiekkaan verrattuna.



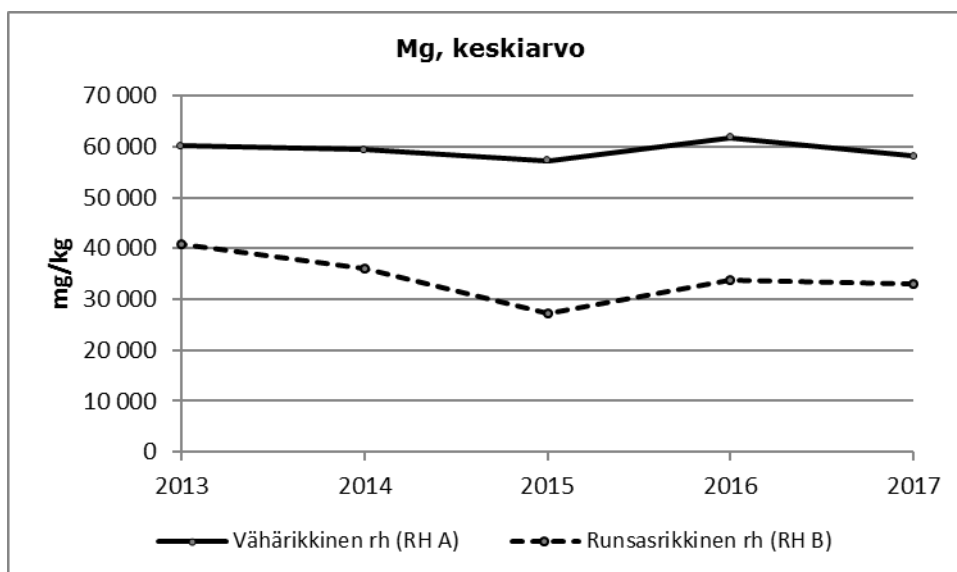
**Kuva 4-2. Rikastushiekkajakeiden kuparipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2017. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnyisarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo. Pitoisuusasteikko on kuvassa logaritminen.**

A-rikastushiekassa nikkelin keskiarvopitoisuus on ollut samalla tasolla vuosina 2013–2017 (Kuva 4-3). B-rikastushiekassa nikkelin keskiarvopitoisuus pysyi vuonna 2017 lähes samalla tasolla verrattuna edellisvuoteen. Nikkelipitoisuus on B-rikastushiekassa huomattavasti korkeampi kuin A-rikastushiekassa.



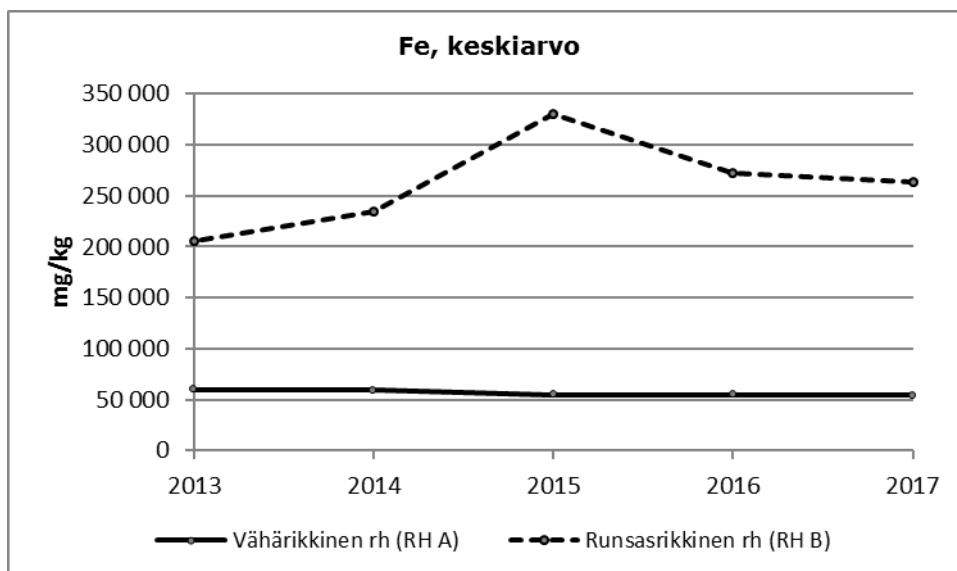
**Kuva 4-3. Rikastushiekkajakeiden nikkelpitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2017. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnyisarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo. Pitoisuusasteikko on kuvassa logaritminen.**

Magnesiumin keskiarvopitoisuudet A-rikastushiekassa vuonna 2017 laski likimäärin vuoden 2015 tasolle. B-rikastushiekassa magnesiumin keskiarvopitoisuudet pysyivät edellisvuoden tasolla (Kuva 4-4).



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

B-rikastushiekan raudan keskiarvopitoisuudet pysyivät edellisvuoden tasolla vuonna 2017. Pitoisuudet nousivat vuosien 2013–2015 aikana (Kuva 4-5). A-rikastushiekassa raudan keskiarvopitoisuudet ovat olleet samalla tasolla vuosien 2013–2017 aikana.



Kuva 4-5. Rikastushiekkajakeiden 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 jätteiden haponmuodostuspotentiaalista. 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 rikkikiisun ( $\text{FeS}_2$ ) 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. Neutralointipotentiaali (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 neutraloimispotentiaali määritetään pysyvän jätteen luokittelussa CEN prEN 15875 menetelmällä (ABA-testi). Jätteen luokittelu happoa muodostavaksi tai muodostamattomaksi perustuu neutralointi- ja hapontuottopotentiaalihin (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

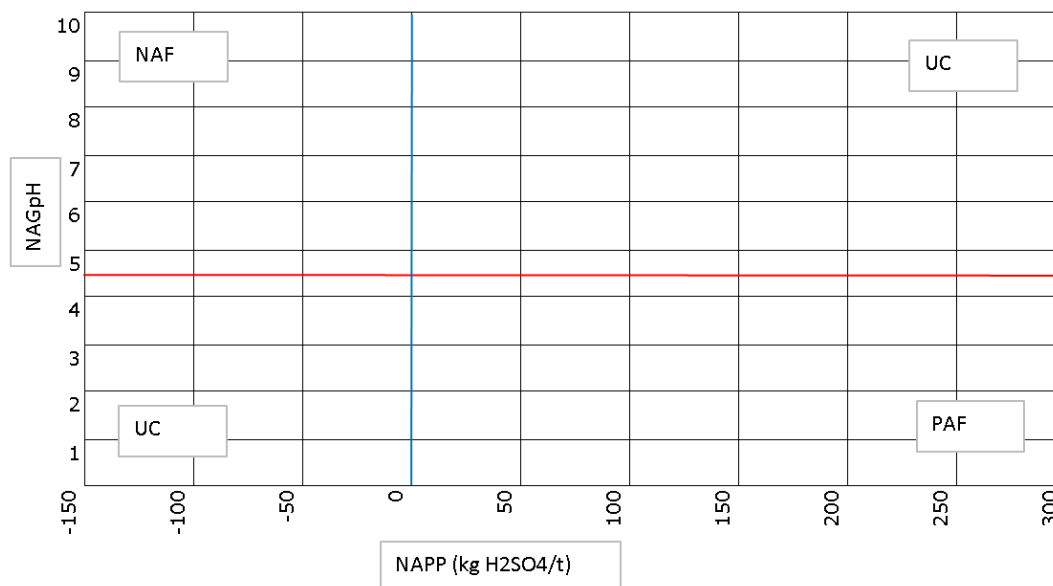
#### 5.1.2 NAG-testi

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 neutralointipotentiaalihin (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 neutralointipotentiaalihin (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  $NAG_{pH}$ - sekä NAPP-arvojen perusteella (Warwick ym. 2006).

NAPP	$NAG_{pH}$	Luokittelu
<0	$\geq 4,5$	Happoa tuottamaton, NAF
>0	<4,5	Happoa tuottava, PAF
>0	$\geq 4,5$	Epävarma, UC
<0	<4,5	Epävarma, UC

Kuva 5-1. Kaivannaisjätteiden luokittelu  $NAG_{pH}$ - ja NAPP-arvojen perusteella (Warwick ym. 2006).

## 5.2 Analyysitulokset

Kevitsan kaivoksen molemmista rikastushiekkajakeista otettavista kuukausinäytteistä määritetään tarkkailuohjelman mukaisesti rikkipitoisuus, hiilen kokonaispitoisuus, karbonaattisen hiilen ja ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet, hapontuottopotentialiaali ja neutralointipotentialiaali sekä niiden suhde ABA-testillä. Neljä kertaa vuodessa kuukauden kokoomanäytteille tehdään myös yksivaiheinen NAG-testi rinnakkaisnäytteestä. Vuoden 2017 ABA- ja NAG-testien tulokset on esitetty kohdissa 5.2.1 ja 5.2.2. Vuoden 2017 tuloksia on lisäksi vertailtu vuosien 2013–2016 tuloksiin. Vertailussa on huomattavaa, että rikastushiekkajakeiden tarkkailua on tehty vuoden 2015 alusta lähtien nykyisen tarkkailuohjelman mukaisesti. Aiemmin vuonna 2013 A-rikastushiekan ABA-testi on tehty kuukausinäytteille sekä puolen vuoden kokoomanäytteille ja B-rikastushiekan osalta puolen vuoden kokoomanäytteille. NAG-testi on vuonna 2013 tehty molemmista jakeista puolen vuoden kokoomanäytteille. Vuonna 2014 ABA-testi on tehty molemmista jakeista kuukausinäytteille sekä puolen vuoden kokoomanäytteille ja NAG-testi puolen vuoden kokoomanäytteille.

### 5.2.1 ABA-testi

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5-3) on esitetty ABA-testin tulokset vuodelta 2017. Ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet A-rikastushiekanäytteissä alittivat määritysrajan 0,05 % lukuun ottamatta kaikissa näytteissä. B-rikastushiekan osalta kuudessa näytteessä (tammi-, huhti-, elo-, syys-, loka- ja marraskuu) ei-karbonaattisen hiilen pitoisuus alitti määritysrajan. Näiden osalta mediaanien ja keskiarvojen laskennassa on käytetty 50 % määritysrajasta (0,025 %).

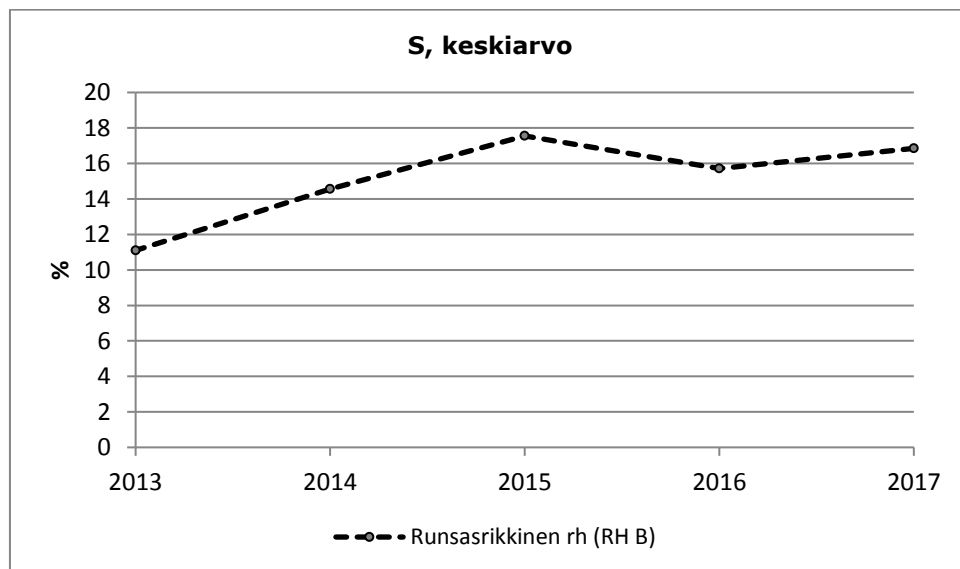
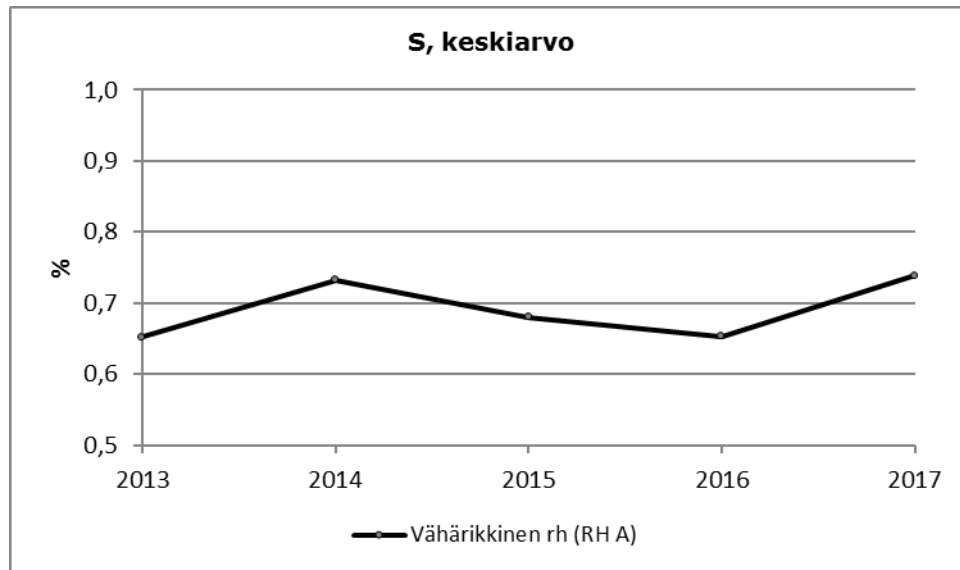
**Taulukko 5-3. Rikastushiekkajakeiden kuukausinäytteiden rikin, hiilen, karbonaattisen hiilen, ei-karbonaattisen hiilen, hapontuottopotentialien, neutralointipotentialien ja NPR-luvut vuonna 2017.**

Näyte	S %	C %	C non carb %	C carb %	AP kg CaCO <sub>3</sub> /t	NP kg CaCO <sub>3</sub> /t	NPR
<b>Vähärikkinen rh (RH A)</b>							
Tammikuu	0,83	0,20	<0,05	0,17	26	73,7	2,84
Helmikuu	0,61	0,26	<0,05	0,23	18,9	75,2	3,97
Maaliskuu	0,63	0,26	<0,05	0,24	19,6	81,2	4,14
Huhtikuu	0,82	0,21	<0,05	0,19	25,5	81,6	3,2
Toukokuu	0,87	0,17	<0,05	0,13	27	78,6	2,99
Kesäkuu	0,54	0,24	<0,05	0,20	16,8	76,6	4,57
Heinäkuu	0,64	0,21	<0,05	0,18	20,1	82,7	4,12
Elokuu	0,78	0,23	<0,05	0,21	24,5	80,1	3,27
Syyskuu	0,68	0,24	<0,05	0,23	21,1	65,9	3,12
Lokakuu	0,67	0,22	<0,05	0,20	20,8	74,9	3,6
Marraskuu	1,04	0,28	<0,05	0,24	32,6	74,2	2,27
Joulukuu	0,75	0,23	<0,05	0,20	23,4	76,9	3,29
<i>Minimi</i>	<i>0,54</i>	<i>0,17</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>0,13</i>	<i>16,8</i>	<i>65,9</i>	<i>2,27</i>
<i>Maksimi</i>	<i>1,04</i>	<i>0,28</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>0,24</i>	<i>32,6</i>	<i>82,7</i>	<i>4,57</i>
<i>Mediaani</i>	<i>0,72</i>	<i>0,23</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>0,20</i>	<i>22,3</i>	<i>76,8</i>	<i>3,28</i>
<i>Keskiarvo</i>	<i>0,74</i>	<i>0,23</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>0,20</i>	<i>23,0</i>	<i>76,8</i>	<i>3,45</i>
<b>Runsasrikkinen rh (RH B)</b>							
Tammikuu	17,60	0,21	<0,05	0,19	551	52,6	0,10
Helmikuu	12,50	0,29	0,07	0,21	391	59,2	0,15
Maaliskuu	13,50	0,26	0,05	0,21	422	61,7	0,15
Huhtikuu	21,10	0,23	<0,05	0,19	658	38,9	0,06
Toukokuu	17,50	0,19	0,06	0,13	548	42,5	0,08
Kesäkuu	14,90	0,31	0,05	0,25	465	55,5	0,12
Heinäkuu	16,00	0,25	0,07	0,19	501	53,5	0,11
Elokuu	20,00	0,24	<0,05	0,21	625	38,3	0,06
Syyskuu	18,20	0,27	<0,05	0,24	570	44,7	0,08
Lokakuu	15,30	0,25	<0,05	0,21	478	54,1	0,11
Marraskuu	20,30	0,26	<0,05	0,21	633	42,2	0,07
Joulukuu	15,20	0,28	0,07	0,21	475	51,4	0,11
<i>Minimi</i>	<i>12,50</i>	<i>0,19</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>0,13</i>	<i>391</i>	<i>38,3</i>	<i>0,06</i>
<i>Maksimi</i>	<i>21,10</i>	<i>0,31</i>	<i>0,07</i>	<i>0,25</i>	<i>658</i>	<i>61,7</i>	<i>0,15</i>
<i>Mediaani</i>	<i>16,75</i>	<i>0,26</i>	<i>0,038</i>	<i>0,21</i>	<i>525</i>	<i>52,0</i>	<i>0,10</i>
<i>Keskiarvo</i>	<i>16,84</i>	<i>0,25</i>	<i>0,043</i>	<i>0,20</i>	<i>526</i>	<i>49,6</i>	<i>0,10</i>

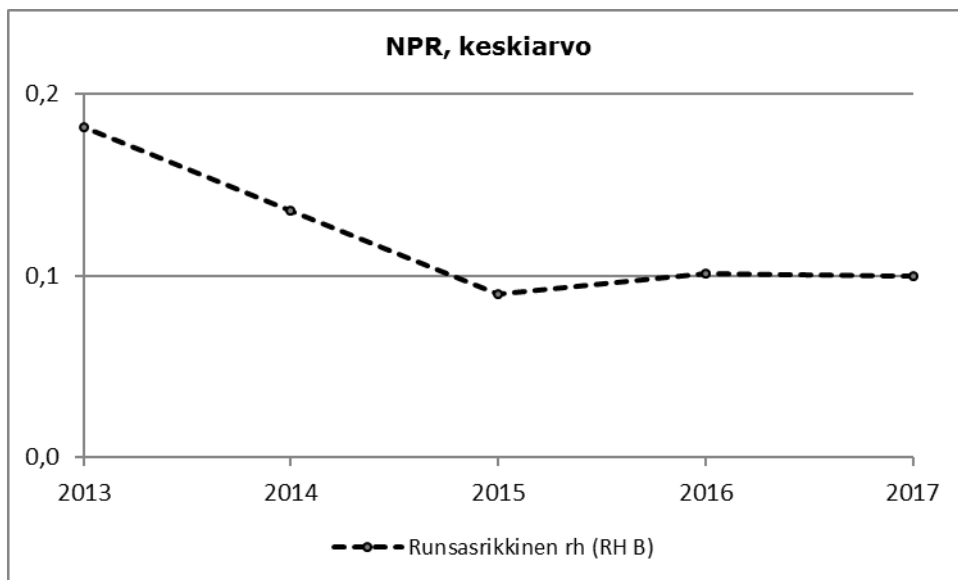
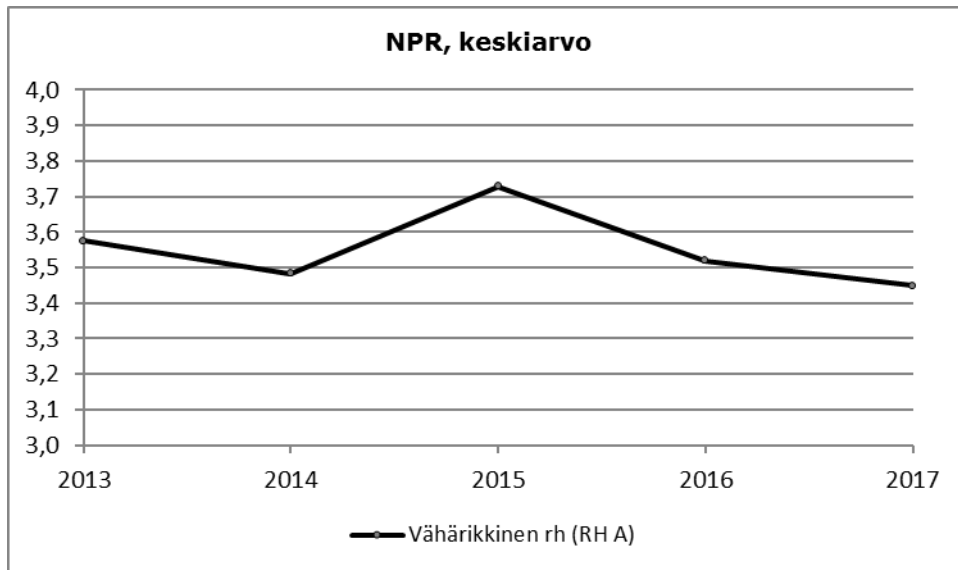
Seuraavissa kuvissa (Kuva 5-2 ja Kuva 5-3) on esitetty rikin pitoisuuksien sekä NPR-lukujen keskiarvot tutkituissa näytteissä vuosina 2013–2017.

Tuotannon analyysissä (ks. Taulukko 3-1) rikastushiekkajakeiden rikin vuosikeskiarvopitoisuus (0,59 %) oli hieman alhaisempi kuin tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden keskiarvopitoisuus (0,74 %). Tuotannon analyysien painotetut kuukausikeskiarvot (Taulukko 3-1) olivat alhaisempia kuin tarkkailuohjelman mukaisissa näytteissä. A-rikastushiekan tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden rikkipitoisuuden keskiarvo 0,74 % alitti ympäristöluvan mukaisen tavoitearvon 0,8 %.

Tuotannon sekä tarkkailuohjelman mukaisissa analyysissä rikkipitoisuus määritetään samalla menetelmällä (Labtium, menetelmä 810L). Näytteiden käsittely poikkeaa siten, että tarkkailuohjelman mukaisiin analyysiin näytteet jauhetaan ennen rikin analysointia, kun taas tuotannon tarkkailun näytteitä ei jauheta. Näytteiden erilainen käsittely voi vaikuttaa keskiarvopitoisuuksien eroon.



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



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

*A-rikastushiekassa* rikkipitoisuus oli kaikissa vuonna 2017 tutkituissa näytteissä <1 %, lukuun ottamatta marraskuun näytettä, jossa rikkipitoisuus oli 1,04 %. NPR-luvut olivat >3 tammi-, touko- ja marraskuuta lukuun ottamatta. Tammi-, touko- ja marraskuussa A-rikastushiekasta otetun näytteen ABA-testin perusteella A-rikastushiekka luokitellaan happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi. Muiden kuukausinäytteiden ABA-testin (rikkipitoisuus, NPR-luku) tulosten perusteella A-rikastushiekka ei ole happoa tuottavaa kaivannaisjätettä. Rikin pitoisuuksien sekä NPR-lukujen keskiarvo- ja mediaaniarvojen perusteella A-rikastushiekka ei ole happoa tuottavaa jätettä. Vuosina 2013–2017 A-rikastushiekan rikkipitoisuuksien keskiarvo on ollut likimäärin samalla tasolla ja NPR-lukujen keskiarvo vaihdellut hieman (Kuva 5-2, Kuva 5-3).

*B-rikastushiekassa* rikkipitoisuuden keskiarvo oli vuonna 2017 16,8 % ja NPR-lukujen keskiarvo 0,10. B-rikastushiekka luokitellaan tulosten perusteella happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi. B-rikastushiekan rikkipitoisuus nousi vuonna 2017 likimäärin vuoden 2015 tasolle. NPR-lukujen keskiarvo on laskenut vuosina 2013–2015, ja pysytellyt vuosina 2015–2017 samalla tasolla (Kuva 5-2, Kuva 5-3).

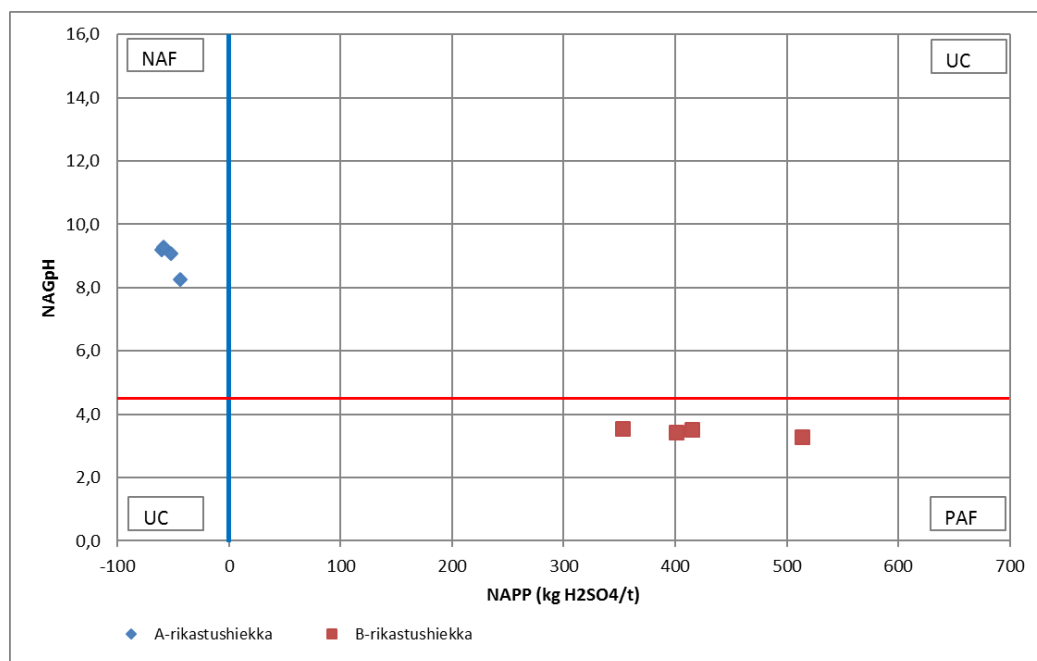
## 5.2.2 NAG-testi

Seuraavassa taulukossa on esitetty rikastushiekkajakeiden yksivaiheisen NAG-testin tulokset ( $\text{NAG}_{\text{pH}}$ ) vuodelta 2017. Taulukossa on esitetty myös neutralointikapasiteetin (ANC), maksimihaapontuottopotentiaalin (MPA) sekä nettohapontuottokyvyn (NAPP) arvot.

**Taulukko 5-4. Rikastushiekkajakeiden yksivaiheisen NAG-testin tulokset, neutralointikapasiteetin, maksimihaapontuottopotentiaalin sekä nettohapontuottokyvyn arvot vuonna 2017.**

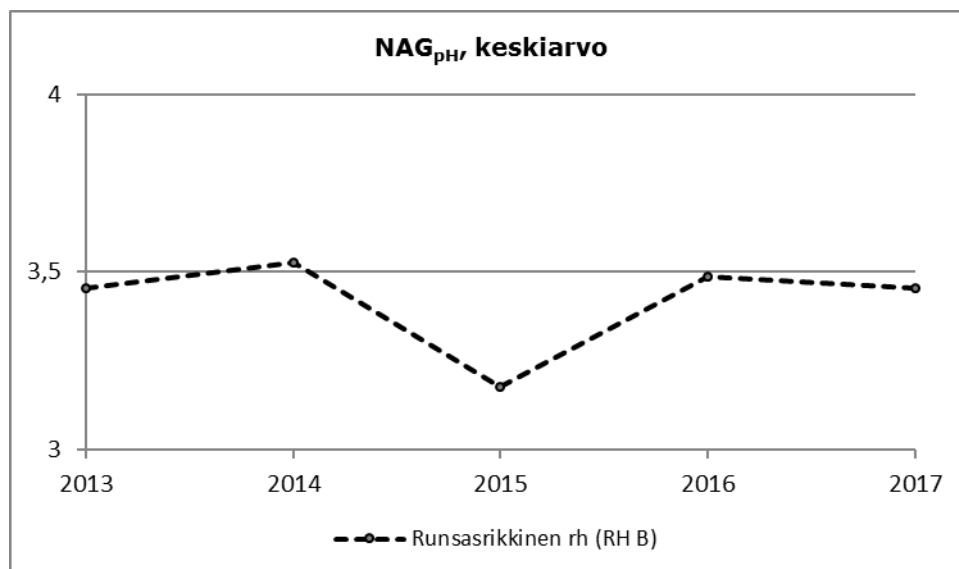
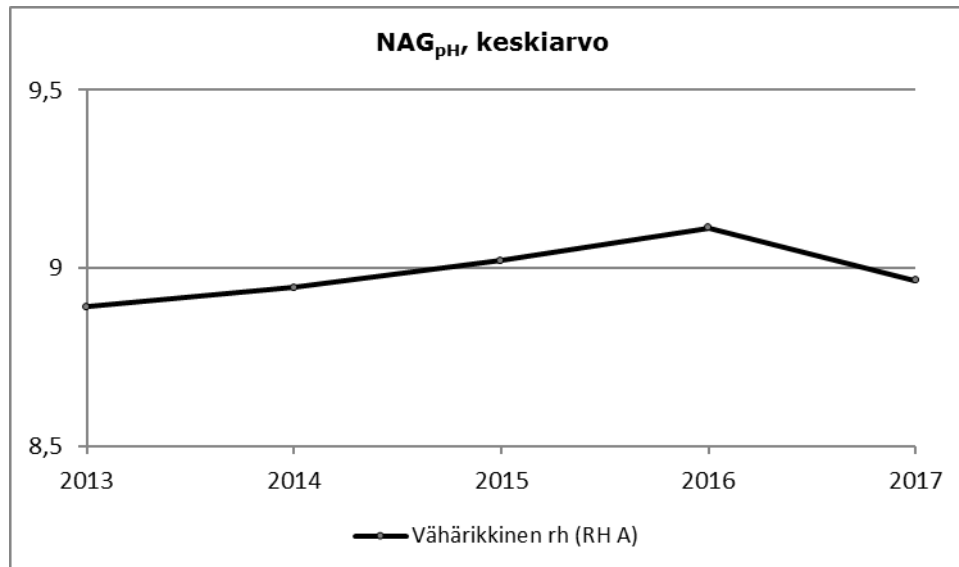
Näyte	$\text{NAG}_{\text{pH}}$	ANC kg $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{t}$	MPA kg $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{t}$	NAPP kg $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{t}$
<b>Vähärikkinen rh (RH A)</b>				
Maaliskuu	9,2	79,5	19,2	-60,3
Kesäkuu	9,3	75,0	16,4	-58,6
Syyskuu	8,3	64,5	20,7	-43,8
Joulukuu	9,1	75,3	22,9	-52,4
<b>Runsasrikkinen rh (RH B)</b>				
Maaliskuu	3,6	60,4	413,0	353,0
Kesäkuu	3,4	54,4	455,0	401,1
Syyskuu	3,3	43,7	558,0	514,0
Joulukuu	3,5	50,3	466,0	415,3

NAG-testin  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -arvojen sekä NAPP-arvojen perusteella A-rikastushiekasta otetut näytteet luokitellaan happoa tuottamattomiksi eli luokkaan NAF. Kaikissa tutkituissa näytteissä  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -arvot olivat  $\geq 4,5$  ja NAPP-arvot negatiivisia. B-rikastushiekka puolestaan luokitellaan happoa tuottavaksi jätteeksi eli luokkaan PAF. Kuvassa (Kuva 5-4) on esitetty NAPP- $\text{NAG}_{\text{pH}}$  -vertailu vuoden 2017 rikastushiekkajakeiden osalta.



**Kuva 5-4. Vuonna 2017 rikastushiekkajakeista otettujen näytteiden NAPP- ja  $\text{NAG}_{\text{pH}}$  -arvot.**

Sekä A- että B-rikastushiekan  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -keskiarvot ovat olleet likimain samalla tasolla vuosina 2013–2017 (Kuva 5-5). A-rikastushiekan osalta  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -keskiarvon trendi oli hieman nouseva vuosina 2013–2016, mutta kääntyi laskuun vuonna 2017. B-rikastushiekan osalta selvää trendiä ei ole havaittavissa.



Kuva 5-5.  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -keskiarvot vuosina 2013–2017.

## 6. EPÄVARMUUSTARKASTELU

Rikastushiekkajakeiden tarkkailua muutettiin vuoden 2015 alussa edellä raportissa kuvatus mukaisesti. Rikastushiekkajakeista on otettu tarkkailuohjelman mukaisesti näytteitä kuukausittain ja näytteistä on määritetty tarkkailuohjelman mukaiset parametrit. Rikastushiekkajakeiden kokonaispitoisuuksia on määritetty tuotannon tarkkailun yhteydessä, minkä lisäksi kokonaispitoisuuksia on määritetty tarkkailuohjelman mukaisesti.

Rikastushiekkajakeiden hapontuottokyky on määritetty kahdella eri menetelmällä. ABA-testin sekä NAG-testin tulosten perusteella B-rikastushiekka luokitellaan happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi. ABA-testin vuoden 2017 keskiarvotulosten perusteella A-rikastushiekka luokitellaan happoa tuottamattomaksi kaivannaisjätteeksi, tammi-, touko- ja marraskuussa otettujen näytteiden perusteella A-rikastushiekka luokitui happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi. NAG-testien tulosten perusteella A-rikastushiekka luokitellaan happoa tuottamattomaksi kaivannaisjätteeksi.

Tarkkailutulosten perusteella rikastushiekkajakeiden laatu on vuonna 2016 otettujen ja tutkittujen kuukausinäytteiden perusteella ollut pääosin samalla tasolla. Tarkasteluajanjakson 2013–2016 tuloksissa ei ole havaittavissa huomattavia eroja. Tulosten perusteella voidaan arvioida, ettei rikastushiekkajakeiden ominaisuuksiin liity olennaisia epävarmuuksia. Tuotannon tarkkailun tulokset osaltaan varmentavat tarkkailun perusteella tehtyjä tulkintoja.

Mahdollista näytteenkäsittelyn vaikutusta rikkipitoisuuksien eroihin tuotannon tarkkailussa ja tarkkailuohjelman mukaisessa tarkkailussa on selvitty ja havaittu, että näytteen partikkelikoko vaikuttaa rikkipitoisuuteen. Tuotannon tarkkailun näytteet analysoidaan Labtiumin Sodankylän laboratoriossa, jossa niitä ei jauheta ennen analyysia. Tarkkailuohjelman mukaiset kokoomänäytteet taas analysoidaan Labtiumin Kuopion laboratoriossa, jossa ne jauhetaan ennen analysointia.

## 7. YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDE-ESITYKSET

Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailulla on varmistettu rikastushiekkajakeiden laatu- ja ympäristöominaisuudet.

### **A-rikastushiekka**

A-rikastushiekassa kromin, nikkelin, raudan ja magnesiumin pitoisuudet olivat vuonna 2017 likimäärin samalla tasolla kaikissa otetuissa ja tutkituissa näytteissä. Sen sijaan kuparin pitoisuuksissa oli havaittavissa vaihtelua. Kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylemmät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä selvästi. A-rikastushiekan kuparipitoisuus on kasvanut tasaisesti viime vuosina. Nikkelin ja raudan keskiarvopitoisuudet ovat olleet samalla tasolla ja magnesiumin pitoisuudet laskeneet hieman vuosina 2013–2017.

Rikin pitoisuuksien sekä NPR-lukujen keskiarvo- ja mediaaniarvojen perusteella A-rikastushiekka ei ole happoa tuottavaa kaivannaisjätettä. Tuotannon analyysissä rikkipitoisuudet ovat olleet hieman alhaisempia kuin tarkkailuohjelman mukaisissa näytteissä. On kuitenkin todettu, että erilaisella näytteenkäsittelyllä ja partikkelikoolla on vaikutusta rikkipitoisuuksien eroihin. Tarkkailuohjelman mukaisten tammi-, touko- ja marraskuun näytteiden ABA-testin perusteella A-rikastushiekka on happoa tuottavaa kaivannaisjätettä. Muiden kuukausinäytteiden ABA-testin tulosten perusteella A-rikastushiekka ei ole happoa tuottavaa kaivannaisjätettä. Vuosina 2013–2017 A-rikastushiekan rikkipitoisuuksien keskiarvo on ollut likimäärin samalla tasolla ja NPR-lukujen keskiarvo on vaihdellut hieman. A-rikastushiekan rikkipitoisuudet alittivat ympäristöluvan mukaisen tavoitearvon 0,8 %.



NAG-testin  $NAG_{pH}$ -arvojen sekä NAPP-arvojen perusteella A-rikastushiekasta otetut näytteet luokitellaan happoa tuottamattomiksi eli luokkaan NAF. Kaikissa tutkituissa näytteissä  $NAG_{pH}$ -arvot olivat  $\geq 4,5$  ja NAPP-arvot negatiivisia. A-rikastushiekan  $NAG_{pH}$ -keskiarvot ovat olleet keskimäärin samalla tasolla vuosina 2013–2017.

### ***B-rikastushiekka***

B-rikastushiekassa kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen ylemmät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä. B-rikastushiekassa merkittävin nousu todettiin edellisvuoden tapaan kuparin pitoisuudessa. Muutoin B-rikastushiekassa metallien pitoisuustasot olivat likimäärin samalla tasolla kaikissa näytteissä edellisvuoteen verrattuna.

B-rikastushiekassa rikkipitoisuuden keskiarvo oli 16,8 % ja NPR-lukujen keskiarvo 0,10. B-rikastushiekka luokitellaan tulosten perusteella happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi. B-rikastushiekan rikkipitoisuus nousi vuonna 2017 likimäärin vuoden 2015 tasolle. NPR-lukujen keskiarvo on vaihdellut hieman ollen kolme viime vuotta likimäärin samalla tasolla.

B-rikastushiekka luokitellaan NAG-testin perusteella happoa tuottavaksi jätteeksi eli luokkaan PAF. B-rikastushiekan  $NAG_{pH}$ -keskiarvot ovat olleet likimäärin samalla tasolla vuosina 2013–2016.

### ***Jatkotoimenpiteet***

Rikastushiekkajakeiden tarkkailua esitetään jatkettavan voimassaolevan tarkkailuohjelman mukaisesti.

## LÄHTEET

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

**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.: 016541

14.7.2017

Boliden Kevitsa Mining Oy  
Mikael Kostamo  
Kevitsantie 730  
99670 Petkula

Request: S17-04445  
Customer referral number: PO40518  
Order number: 501803  
Received on: 4.7.2017

## Sample preparation

Analytical method	Analytical method description	Number of samples
35	Separate splitting of sample	4 pcs
40	Pulverizing in carbon steel bowl, 0,1 - 0,2 kg subsamples	4 pcs

## Results

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	
Rikastehiekka A 04_2017	0.82
Rikastehiekka A 04_2017 (2)	0.83
Rikastehiekka A 05_2017	0.87
Rikastehiekka B 04_2017	21.1
Rikastehiekka B 05_2017	17.5

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

Analytical method code	811L *
Parameter	C *
Unit	%
Detection Limit	0.05
Sample id	
Rikastehiekka A 04_2017	0.21
Rikastehiekka A 04_2017 (2)	0.20
Rikastehiekka A 05_2017	0.17
Rikastehiekka B 04_2017	0.23
Rikastehiekka B 05_2017	0.19

Analytical method: 814G

Analytical method description: Gravimetric determination of moisture or dry matter

Report No.: 016541

14.7.2017

Analytical method code	814G
Parameter	Moisture
Unit	%
Detection Limit	0.1
Sample id	
Rikastehiekka A 04_2017	<0.1
Rikastehiekka A 05_2017	<0.1
Rikastehiekka B 04_2017	<0.1
Rikastehiekka B 05_2017	<0.1

Analytical method Gravimetric determination of moisture or dry matter:  
Jäännöskosteus jauhetussa näytteessä.

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		
Rikastehiekka A 04_2017	0.19	<0.05
Rikastehiekka A 04_2017 (2)	0.17	<0.05
Rikastehiekka A 05_2017	0.13	<0.05
Rikastehiekka B 04_2017	0.19	<0.05
Rikastehiekka B 05_2017	0.13	0.06

Analytical method: 827T

Analytical method description: ABA test

Standard Method: SFS-EN 15875

Analytical method code	827T	827T	827T
Parameter	AP	NP	NPR
Unit	kg CaCO3/t	kg CaCO3/t	
Detection Limit	0.3		
Sample id			
Rikastehiekka A 04_2017	25.5	81.6	3.20
Rikastehiekka A 04_2017 (2)	25.9	77.2	2.99
Rikastehiekka A 05_2017	27.0	78.6	2.91
Rikastehiekka B 04_2017	658	38.9	0.06
Rikastehiekka B 05_2017	548	42.5	0.08

Analytical method ABA test:  
AP on laskettu kokonaisrikkipitoisuudesta (menetelmä 810L). NPR = NP/AP

**Quality control samples**

Analytical method: 810L

Analytical method description: Analysis of S by combustion technique

Report No.: 016541

14.7.2017

<b>Analytical method code</b>	<b>810L *</b>
<b>Parameter</b>	<b>S *</b>
<b>Unit</b>	<b>%</b>
<b>Detection Limit</b>	<b>0.01</b>
<b>QC-Sample id / Description</b>	
17017347 / QCSOKEA	<0.01
17017348 / QCGS900-5	0.36
17017349 / QCGS310-7	10.8

Analytical method: 811L

Analytical method description: Analysis of C by combustion technique

<b>Analytical method code</b>	<b>811L *</b>
<b>Parameter</b>	<b>C *</b>
<b>Unit</b>	<b>%</b>
<b>Detection Limit</b>	<b>0.05</b>
<b>QC-Sample id / Description</b>	
17017350 / QCSOKEA	<0.05
17017351 / QCGS900-5	0.67
17017352 / QCGS310-7	4.04

Analytical method: 816L

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

<b>Analytical method code</b>	<b>816L</b>
<b>Parameter</b>	<b>C non carb</b>
<b>Unit</b>	<b>%</b>
<b>Detection Limit</b>	<b>0.05</b>
<b>QC-Sample id / Description</b>	
17017776 / QCSK1	0.72
17017777 / QCUUTTOSOKEA	<0.05

Analytical method: 827T

Analytical method description: ABA test

Standard Method: SFS-EN 15875

<b>Analytical method code</b>	<b>827T</b>
<b>Parameter</b>	<b>NP</b>
<b>Unit</b>	<b>kg CaCO3/t</b>
<b>Detection Limit</b>	
<b>QC-Sample id / Description</b>	
17017806 / QCKZK1	59.2

\* Accredited

Report No.: 016541

14.7.2017

---

14.7.2017            Timo Myöhänen  
                          Kemisti / Chemist

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.: 020274

29.9.2017

Boliden Kevitsa Mining Oy  
 Mikael Kostamo  
 Kevitsantie 730  
 99670 Petkula

Request: S17-05410  
 Customer referral number: PO40518  
 Order number: 501861  
 Received on: 14.9.2017

### Sample preparation

Analytical method	Analytical method description	Number of samples
35	Subsampling by riffle splitter	4 pcs
40	Pulverizing in carbon steel bowl, 0,1 - 0,2 kg subsamples	4 pcs
512	Aqua regia digestion at 90°C , subsample 2 g	2 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					
Rikastushiekka A 06_2017	546	521	54100	59400	971
Rikastushiekka A 06_2017 (2)	548	522	54300	59700	969
Rikastushiekka B 06_2017	406	5180	264000	34200	13100

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	
Rikastushiekka A 06_2017	0.54
Rikastushiekka A 06_2017 (2)	0.53
Rikastushiekka A 07_2017	0.64
Rikastushiekka B 06_2017	14.9
Rikastushiekka B 07_2017	16.0

Report No.: 020274

29.9.2017

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	
Rikastushiekka A 06_2017	0.24
Rikastushiekka A 06_2017 (2)	0.24
Rikastushiekka A 07_2017	0.21
Rikastushiekka B 06_2017	0.31
Rikastushiekka B 07_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	
Rikastushiekka A 06_2017	0.2
Rikastushiekka A 07_2017	0.2
Rikastushiekka A 07_2017 (2)	<0.1
Rikastushiekka B 06_2017	<0.1
Rikastushiekka B 07_2017	0.6

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		
Rikastushiekka A 06_2017	0.20	<0.05
Rikastushiekka A 06_2017 (2)	0.20	<0.05
Rikastushiekka A 07_2017	0.18	<0.05
Rikastushiekka B 06_2017	0.25	0.05
Rikastushiekka B 07_2017	0.19	0.07

Report No.: 020274

29.9.2017

Analytical method: 826T1

Analytical method description: Yksivaiheinen NAG-testi, 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				
Rikastushiekka A 06_2017	9.29	21.8	0	0
Rikastushiekka A 06_2017 (2)	9.48	21.8	0	0
Rikastushiekka B 06_2017	3.43	151	10.9	30.1

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						
Rikastushiekka A 06_2017	16.8	76.6	4.57	75.0	16.4	-58.6
Rikastushiekka A 06_2017 (2)	16.5	76.2	4.61	74.6	16.2	-58.4
Rikastushiekka A 07_2017	20.1	82.7	4.12	81.0	19.7	-61.4
Rikastushiekka B 06_2017	465	55.5	0.12	54.4	455	401.1
Rikastushiekka B 07_2017	501	53.5	0.11	52.4	490	437.8

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

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					
17023836 / QCTILL2	34.3	145	34400	6750	29.7
17023837 / QCMCS	16.9	5.1	10700	3810	13.4
17023838 / QCISOKEA	<1	<1	<50	<10	<2



Report No.: 020274

29.9.2017

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	
17023776 / QCSOKEA	<0.01
17023777 / QCGS900-5	0.35
17023778 / QCGS310-7	10.6

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	
17023779 / QCGS900-5	0.67
17023780 / QCSOKEA	<0.05
17023781 / QCGS310-7	4.20

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	
17024664 / QCSK1	0.73
17024665 / QCUUTTOSOKEA	<0.05

Analytical method: 826T1  
 Analytical method description: Yksivaiheinen NAG-testi, 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				
17025145 / QCGS905-2	3.13	50.9	4.20	6.35

Report No.: 020274

29.9.2017

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	
17024386 / QCKZK1	58.3

\* Accredited

29.9.2017 Timo Myöhänen  
Kemisti / Chemist

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.: 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.: 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