

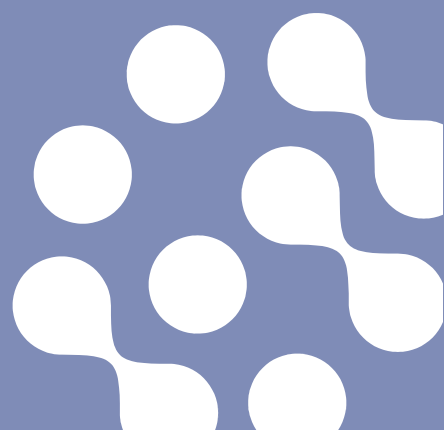


Environment Testing

Eurofins Ahma Oy
Projekti 10727
28.3.2022

BOLIDEN KEVITSA MINING OY

RIKASTUSHIEKKAJAKEIDEN TARKKAILU VUONNA 2021



BOLIDEN KEVITSA MINING OY, RIKASTUSHIEKKAJAKEIDEN TARKKAILU VUONNA 2021

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO.....	1
2.	NÄYTTEENOTTO JA LAADUNTARKKAILU	1
3.	TUOTANNON ANALYYSIT	1
4.	KOKONAISPITOISUUDET	2
5.	HAPONTUOTTOKYKY	9
5.1	KAIVANNAISJÄTTEIDEN HAPONTUOTTOKYKY JA LUOKITTELU.....	9
5.1.1	ABA-testi	9
5.1.2	NAG-testi	10
5.2	ANALYYSITULOKSET	11
5.2.1	ABA-testi	11
5.2.2	NAG-testi	15
6.	EPÄVARMUUSTARKASTELU.....	17
7.	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDE-ESITYKSET.....	17
	VIITTEET	19
	LIITTEET	20

LIITTEET

Liite 1. Rikastushiekkajakeiden analyysitulokset 2021

28.3.2022

Eurofins Ahma Oy

Joonas Kellokumpu
Ympäristöasiantuntija

Mika Kallo
Projektipäällikkö

Yhteystiedot

Teollisuustie 6
96320 ROVANIEMI
Sähköposti: EtunimiSukunimi@eurofins.fi

www.eurofins.fi

1. JOHDANTO

Boliden Kevitsa Mining Oy:n Kevitsan kaivoksen rikastusprosessissa muodostuu kahdenlaista rikastusjätettä eli rikastushiekkaa. Rikastushiekka A (vähärikinen rikastushiekka) on vaahdotusvaiheiden rikastusjätettä ja se sijoitetaan rikastushiekka-altaalle A. Rikastushiekka B (runsasrikinen rikastushiekka) on rautasulfidirikastetta ja se sijoitetaan rikastushiekka-altaalle B. Rikastushiekka-altaat on luokiteltu suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaviksi kaivannaisjätteen jätealueiksi.

Rikastushiekka pumpataan altaalle vesilietteenä. Patojen harjalla kiertävät runkoputket, joista rikastushiekkaa voidaan purkaa keskemälle allasta pienempiä spigottiputkia käyttäen. Vuonna 2021 rikastushiekkaa A pumpattiin rikastushiekka-altaalle 9,12 Mt ja rikastushiekkaa B 0,08 Mt.

2. NÄYTTEENOTTO JA LAADUNTARKKAILU

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 velvoitetarkkailuohjelman mukaisella tarkkailulla varmistetaan tuotannon ohjaus sekä rikastushiekan ympäristökelpoisuus. Vuonna 2021 tarkkailussa noudatettiin uutta, vuonna 2020 päivitettyä tarkkailuohjelmaa (Ramboll Finland Oy 2020).

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

Vuonna 2021 kuukausinäytteet otettiin molemmista rikastushiekkajakeista pääosin tarkkailuohjelman mukaisesti kuukausittain. Elokuussa näytteet jäivät ottamatta inhimillisen erehdyksen vuoksi. Määritykset tehtiin tammi-heinäkuussa Eurofins Labtium Oy:n Kuopion laboratoriossa, ja syyskuusta eteenpäin muilta osin Eurofins Ahma Oy:n Oulun laboratoriossa sekä ABA- ja NAG-testien osalta Eurofins Environment Testing Oy:n Jyväskylän laboratoriossa. Tulokset on esitetty raportin liitteessä 1.

3. TUOTANNON ANALYYSIT

Kaivoksen tuotannon tarkkailun yhteydessä otetuista näytteistä analysoidaan mm. kuparin, nikkelin ja rikin pitoisuudet. Tuotannon analyysit tehdään Eurofins Labtium Oy:n Sodankylän laboratoriossa. Taulukossa 3-1 on esitetty tuotannon tarkkailun tuotantomäärillä painotetut kuukausi- ja vuosikeskiarvopitoisuudet vuodelta 2021. 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 %. Rikastushiekan A rikkipitoisuuden kuukausikeskiarvot vaihtelivat vuoden 2021 aikana välillä 0,42–0,93 %. Vuosikeskiarvo oli 0,62 % eli alle lupamääräyksen tavoitepitoisuuden. Rikastushiekan B rikkipitoisuus oli vuosikeskiarvona 12,93 %.

Taulukko 3-1. Rikastushiekkajakeiden tuotannon tarkkailun tulokset vuodelta 2021.

	Rikastushiekka A				Rikastushiekka B			
	Kuukausikeskiarvo			Vuosikeskiarvo (kumulatiivinen)	Kuukausikeskiarvo			Vuosikeskiarvo (kumulatiivinen)
	Cu (%)	Ni (%)	S (%)	S (%)	Cu (%)	Ni (%)	S (%)	S (%)
Tammikuu	0.02	0.05	0.54	0.54	0.32	1.6	10.4	10.4
Helmi	0.02	0.05	0.45	0.50	0.35	1.7	10.4	10.4
Maaliskuu	0.02	0.04	0.53	0.51	0.34	1.6	11.5	10.8
Huhtikuu	0.03	0.05	0.63	0.54	0.34	1.2	12.6	11.3
Toukokuu	0.03	0.07	0.53	0.54	0.37	1.9	15.2	12.2
Kesäkuu	0.03	0.05	0.42	0.52	0.41	1.8	14.8	12.5
Heinäkuu	0.03	0.07	0.48	0.52	0.35	1.9	14.4	13.0
Elokuu	0.02	0.04	0.65	0.53	0.25	1.6	14.5	13.1
Syyskuu	0.02	0.04	0.93	0.58	0.16	1.0	17.8	14.1
Lokakuu	0.03	0.04	0.63	0.58	0.35	1.1	12.0	13.8
Marraskuu	0.03	0.04	0.90	0.62	0.31	1.1	13.9	13.8
Joulukuu	0.04	0.05	0.80	0.63	0.27	0.6	7.7	12.6

4. KOKONAISPITOISUUDET

Tarkkailuohjelman mukaisesti rikastushiekkajakeiden kuukausikokoomanäytteille tehdään neljä kertaa vuodessa kemiallinen alkuainemääritys kuningasvesiuutolla. Näytteistä analysoidaan laboratoriossa (ICP-OES/MS –tekniikalla) kromin, kuparin, nikkelin, raudan ja magnesiumin pitoisuudet. Vuonna 2021 alkuainemääritykset tehtiin molemmista rikastushiekkajakeista maaliskuu-, kesä-, syys- ja joulukuussa kerätyistä näytteistä. Tutkittujen näytteiden pitoisuudet sekä niiden keskiarvot on esitetty taulukossa 4-1. Pitoisuuksia on verrattu 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 2021 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	515	460	620	610	551	100	200	300
Cu mg/kg	385	630	270	570	464	100	150	200
Ni mg/kg	869	890	760	770	822	50	100	150
Fe mg/kg	49 000	50 000	51 000	55 000	51 250	-	-	-
Mg mg/kg	50 600	50 000	53 000	55 000	52 150	-	-	-

Alkuaine	Runsasrikkinen rikastushiekka (RH B)					PIMA-asetus		
	Maaliskuu	Kesäkuu	Syyskuu	Joulukuu	Keskiarvo	Kynnys-arvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo
Cr mg/kg	434	340	380	630	446	100	200	300
Cu mg/kg	3 500	4 100	1 800	2 700	3 025	100	150	200
Ni mg/kg	15 900	19 000	9 700	6 200	12 700	50	100	150
Fe mg/kg	191 000	270 000	280 000	170 000	227 750	-	-	-
Mg mg/kg	35 500	30 000	33 000	44 000	35 625	-	-	-

Tulosten laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

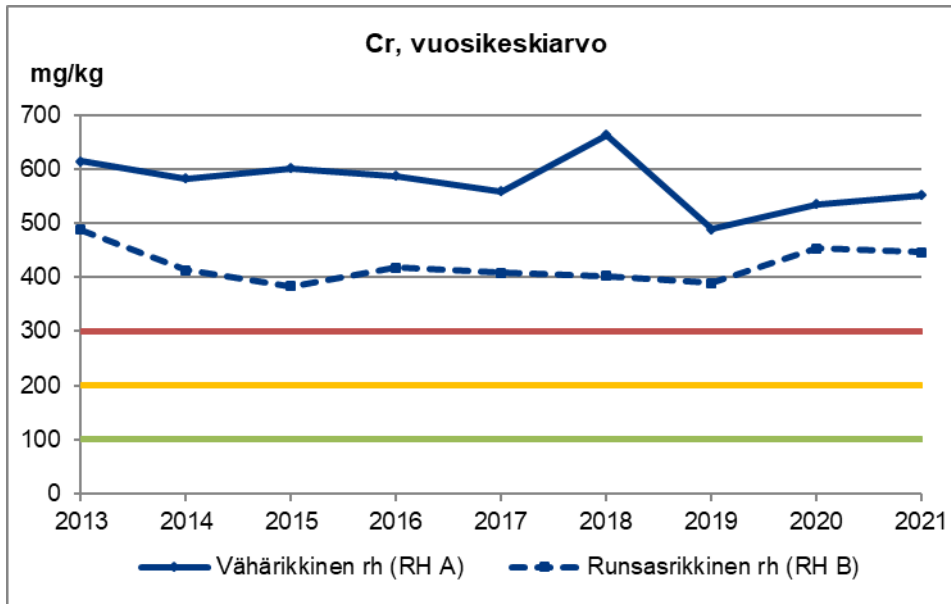
Rikastushiekan A osalta kaikkien metallien pitoisuustasot vaihtelivat jonkin verran, mutta pysyivät samassa suuruusluokassa koko vuoden 2021 ajan. Kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylempät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä, mutta pitoisuudet olivat hieman pienempiä kuin vuonna 2020. Samankaltaista pitoisuustasojen vaihtelua esiintyi myös rikastushiekasta B otetuissa näytteissä kaikkien analysoitujen metallien osalta. Myös rikastushiekassa B kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen ylempät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä.

Tuotannon tarkkailun yhteydessä todetut kuparin ja nikkelin pitoisuudet (ks. taulukko 3-1) olivat rikastushiekan A osalta maaliskuu-, kesä-, syys- ja joulukuussa samaa suuruusluokkaa kuin Kuopion ja Oulun laboratorioissa mitatut pitoisuudet. Tulosten välillä esiintyi kuitenkin jonkin verran eroavaisuuksia, ja tuotannon tarkkailusta saadut nikkelin keskimääräiset pitoisuudet (vuosikeskiarvo n. 492 mg/kg) olivat kaikkina kuukausina matalampaa tasoa kuin Kuopion ja Oulun laboratorioissa määritetyt tulokset (v. ka. 822 mg/kg). Kuparin osalta tuotannon kuukausittaiset keskiarvopitoisuudet olivat pääosin alemmalla tasolla kuin Kuopion ja Oulun laboratorioissa määritetyt pitoisuudet. Tuotannon tarkkailussa kuparin pitoisuuksien vuosikeskiarvo 267 mg/kg oli selvästi pienempi kuin laboratoriotulosten vuosikeskiarvo 464 mg/kg.

Rikastushiekan B osalta tuotannon tarkkailun ja veloitettujen nikkeli- ja kuparimääritysten tulosten eroavaisuudet olivat selvästi pienempiä kuin rikastushiekan A osalta. Tuotannon tarkkailun pitoisuudet vastasivat samoina kuukausina (maaliskuu-, kesä-, syys- ja joulukuussa) laboratorion mittaamia nikkelin sekä kuparin pitoisuuksia. Tuotannon tarkkailun kuukausittain analysoimien tulosten vuosikeskiarvot olivat nikkelille 14 150 mg/kg ja kuparille 3 183 mg/kg. Kuvissa 4-1...4-5 on esitetty rikastushiekkajakeiden metallien kokonaispitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2021. 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. Keskiarvojen laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

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. Vuoden 2014 keskiarvopitoisuudet on laskettu kuukauden kokoomanäytteiden tuloksista. Vuosina 2015–2021 kokonaispitoisuudet on määritetty edellä kuvatun mukaisesti neljännesvuosittain.

Kromin keskiarvopitoisuus on pysytellyt likimain samalla tasolla rikastushiekassa B koko jakson 2013-2021 ajan (kuva 4-1). Rikastushiekan A keskimääräisessä kromipitoisuudessa on havaittavissa laskeva suuntaus vuosina 2013-2021. Vuonna 2021 keskiarvopitoisuus nousi hieman edellisvuoteen verrattuna, mutta pysytteli vuosien 2013-2018 tason alapuolella. Kromin keskiarvopitoisuudet ovat olleet rikastushiekassa A korkeampia kuin rikastushiekassa B.

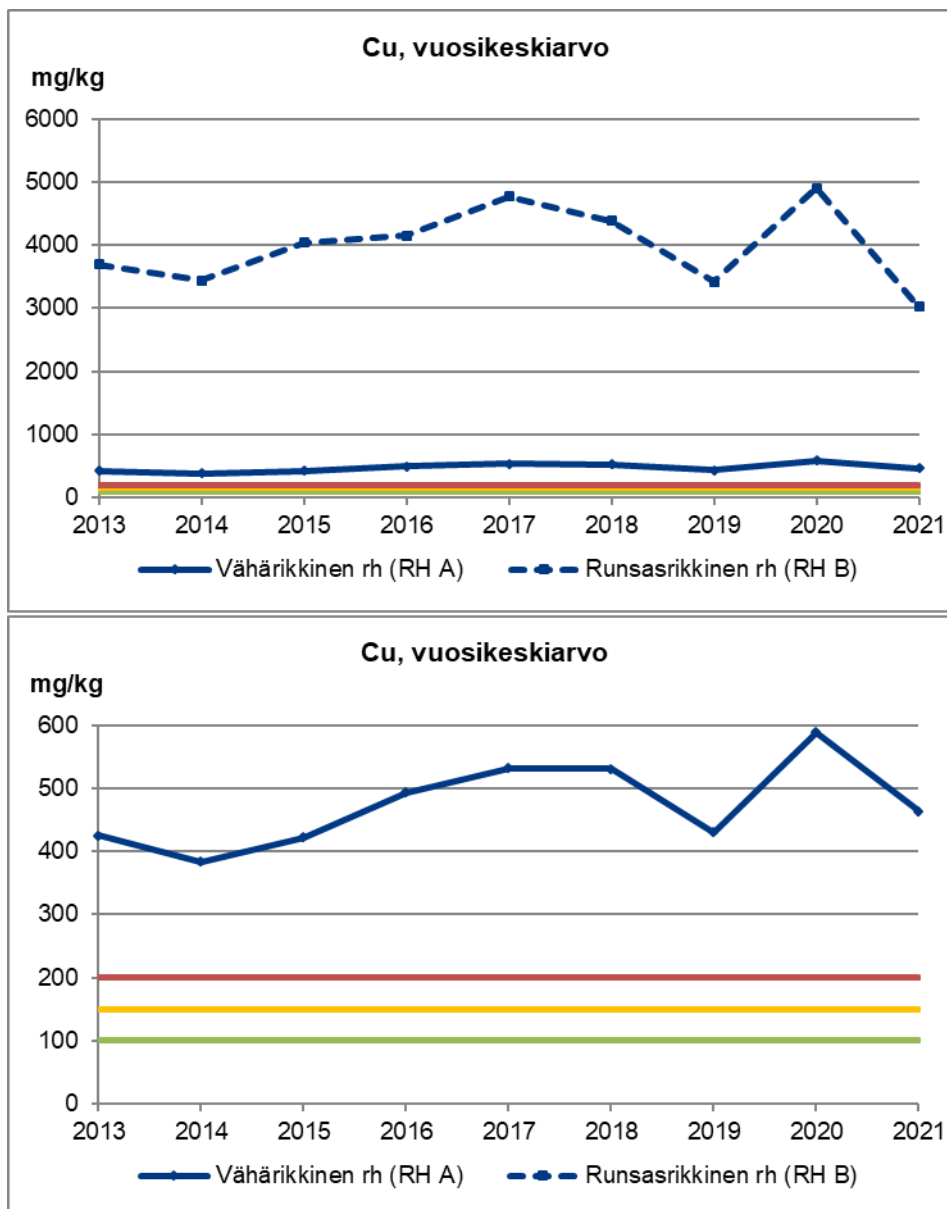


Kuva 4-1. Rikastushiekkajakeiden kromipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2021. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnsarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.

Kuparin keskiarvopitoisuus kohosi rikastushiekassa B vuosina 2015-2017, mutta kääntyi laskuun vuonna 2018 ja oli myös vuonna 2019 edellisvuotta alhaisempi. Vuonna 2020 kromipitoisuus kohosi jälleen, nousten vuosien 2013-2019 tason yläpuolelle. Vuonna 2021 kuparin pitoisuus laski selvästi ja oli seurantahistoriansa matalin. (kuva 4-2).

Rikastushiekan A kuparin keskiarvopitoisuudessa on havaittavissa samankaltainen kehitys kuin rikastushiekassa B. Myös rikastushiekassa B kuparin keskiarvopitoisuus nousi vuonna 2020 vuosien 2013-2019 vaihteluvälin yläpuolelle sekä laski vuonna 2021 selvästi. Lasku ei kuitenkaan ollut yhtä jyrkkä kuin rikastushiekassa B, jääden tasoltaan vuosien 2013-2015 sekä 2019 tasoa korkeammaksi.

Kuparipitoisuus on rikastushiekassa B selvästi korkeampi kuin rikastushiekassa A, ja vuonna 2021 keskimääräinen kuparipitoisuus oli rikastushiekassa B noin 6,5-kertainen rikastushiekkaan A verrattuna.

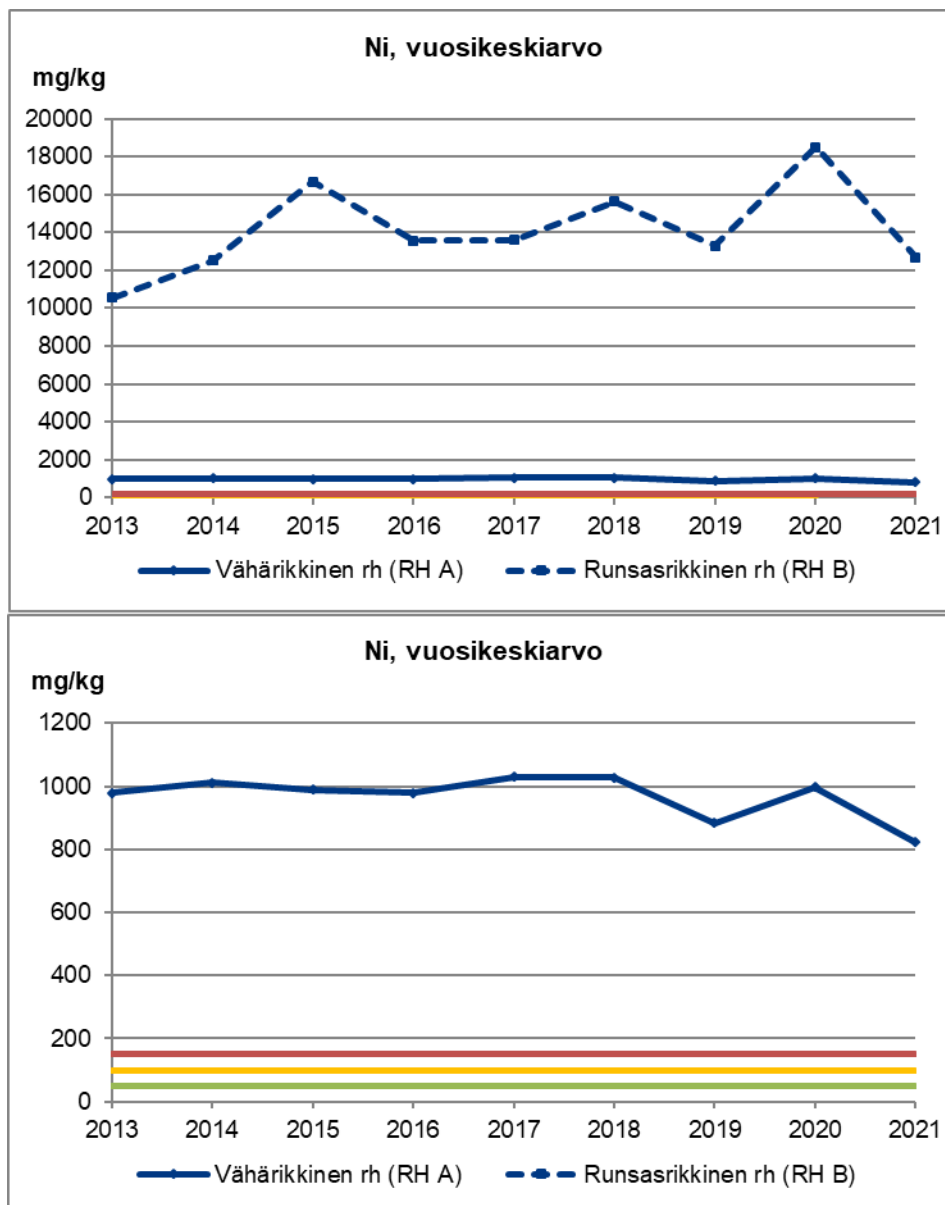


Kuva 4-2. Rikastushiekkajakeiden kuparipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2021. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnsarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.

Nikkelin keskiarvopitoisuuden vaihtelu rikastushiekassa A on ollut melko vähäistä vuosina 2013-2018, mutta vuonna 2019 keskipitoisuus laski edelliseen vuoteen verrattuna. Vuonna 2020 pitoisuus palautui jälleen aikaisempien vuosien tasolle. Vuonna 2021 nikkelipitoisuus laski n. 20 % edellisvuoteen verrattuna ja oli siihenastisen seurantahistoriansa alhaisin (kuva 4-3).

Rikastushiekassa B pitoisuustason vaihtelu on ollut voimakkaampaa, mutta suuruusluokka on pysynyt suurin piirtein samana koko tarkkailujakson ajan. Vuonna 2020 rikastushiekan B keskimääräinen nikkelipitoisuus kohosi selvästi vuosien 2013-2019 vaihteluvälin yläpuolelle. Vuonna 2021 nikkelipitoisuus laski ja oli vuosien 2015-2020 tasoa matalampi.

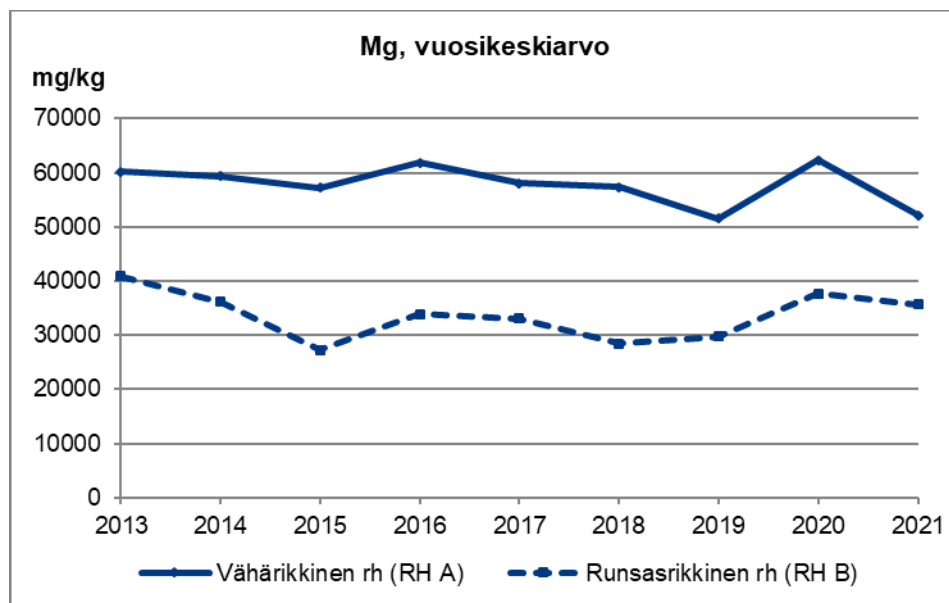
Nikkelipitoisuus on rikastushiekassa B huomattavasti korkeampi kuin rikastushiekassa A, keskimääräisten pitoisuuksien suhdeluvun ollessa vuonna 2021 n. 15.



Kuva 4-3. Rikastushiekkajakeiden nikkelipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2021. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnyisarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.

Magnesiumin keskiarvopitoisuuksissa on molemmissa rikastushiekkajakeissa esiintynyt vuosina 2013-2021 suhteellisen vähäistä vaihtelua. Muista metalleista poiketen magnesiumin pitoisuus on korkeampi vähärikkisessä rikastushiekassa A kuin hiekassa B, kun muilla metalleilla korkeimmat pitoisuudet havaitaan runsasrikkisessä jakeessa (B).

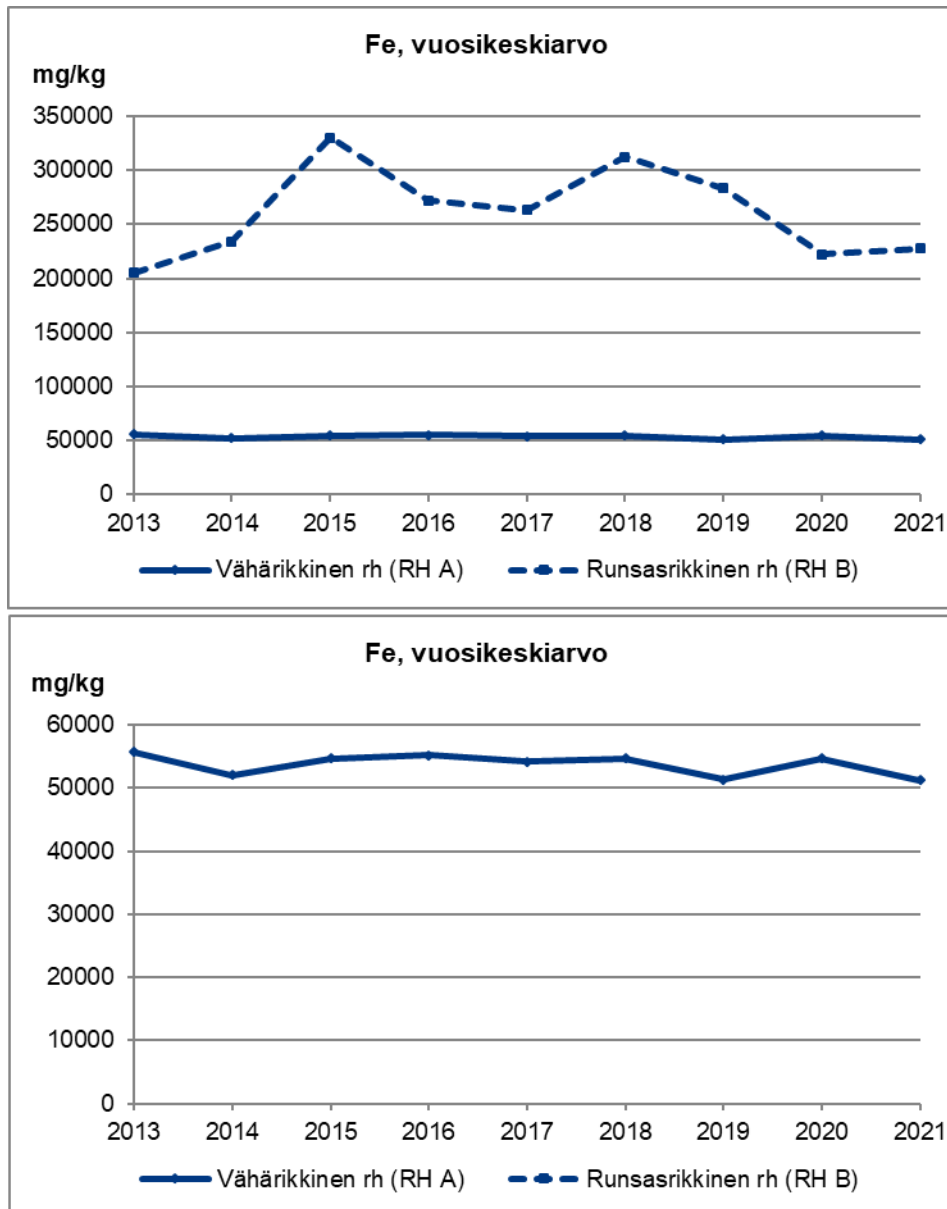
Molempien rikastushiekkajakeiden keskiarvopitoisuudessa on havaittavissa lievästi laskeva suuntaus vuosina 2013-2019, mutta vuonna 2020 pitoisuus kääntyi nousuun (kuva 4-4). Vuonna 2021 magnesiumipitoisuus laski kuitenkin rikastushiekassa A vuoden 2019 tasolle. Rikastushiekassa B pitoisuus laski vähemmän ja jäi vuosien 2015-2019 tason yläpuolelle. Magnesiumin pitoisuus on ollut n. 1,5-2 kertaa suurempi rikastushiekassa A kuin rikastushiekassa B.



Kuva 4-4. Rikastushiekkajakeiden magnesiumipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2021.

Raudan keskimääräinen pitoisuus rikastushiekassa A on pysynyt suurin piirtein samalla tasolla vuosina 2013-2021 eikä suuntausta ylös tai alaspäin ole havaittavissa. (kuva 4-5).

Rikastushiekassa B raudan pitoisuudessa on esiintynyt vaihtelua välillä 205 000 - 330 000 mg/kg, mutta selvää laskevaa tai nousevaa trendiä ei havaita. Pitoisuus nousi selvästi vuonna 2015, mutta sen jälkeen pitoisuustason kehitys on ollut tasaisempaa. Vuosina 2019-2020 keskimääräinen raudan pitoisuus laski selvästi ja vuonna 2021 pitoisuus oli samankaltainen kuin edellisvuonna, ollen lähellä seurantahistoriansa alhaisinta pitoisuutta v. 2013. Raudan pitoisuus on rikastushiekassa B selvästi korkeampi kuin rikastushiekassa A, suhdeluvun ollessa n. 4 vuonna 2021.



Kuva 4-5. Rikastushiekkajakeiden rautapitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2021.

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 Accounting) ja NAG-testi (Net Acid Generation). Kun kaivannaisjätteiden hapontuottopotentiaali määritetään usealla eri menetelmällä ja niiden tuloksia verrataan keskenään, saadaan luotettavampi kuva kaivannaisjätteiden haponmuodostuspotentiaalista. ABA- ja NAG- testimenetelmiä ja kaivannaisjätteiden luokittelua niiden tulosten perusteella on kuvattu seuraavassa.

5.1.1 ABA-testi

ABA-testi (Acid Base Accounting) perustuu happo-emäslaskuun ja sen perusteella arvioidaan, voiko jätteestä muodostua pitkällä aikavälillä happamia valumavesiä. Hapontuotto ja sen neutralointi määritetään rikkikiisun (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 neutraloisipotentiaali määritetään pysyvän jätteen luokittelussa CEN prEN 15875 menetelmällä (ABA-testi). Jätteen luokittelu happoa muodostavaksi tai muodostamattomaksi perustuu neutralointi- ja hapontuottopotentiaalihin (NP/AP eli NPR) suhdeluokituksiin ja sulfidisen rikin kokonaispitoisuuteen. Kaivannaisjätteiden luokittelu happoa tuottavaksi ja happoa tuottamattomaksi jätteeksi on esitetty taulukossa 5-1.

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

Sulfidisen rikin pitoisuus	NPR-luku	Luokittelu
< 0,1 %	-	Happoa tuottamaton (NAF)
0,1-1 %	> 3	Happoa tuottamaton (NAF)
> 0,1 %	< 3	Happoa tuottava (PAF)
> 1 %	-	Happoa tuottava (PAF)

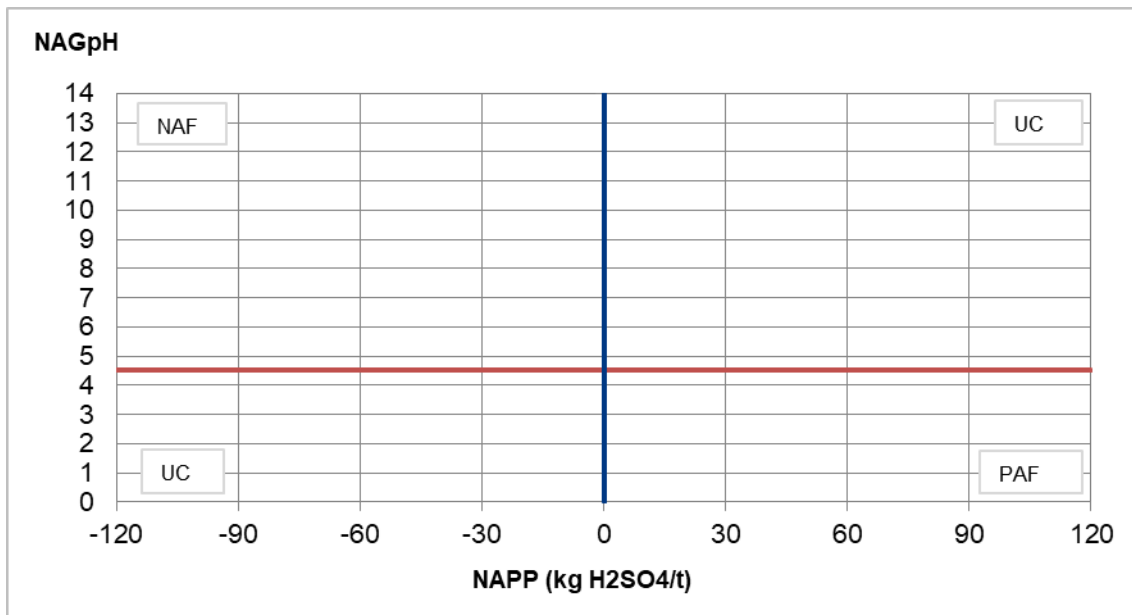
NP-testi (prEN 15875) perustuu pääasiassa karbonaattimineraaleja liuottavaan happouuttoon (HCl). Testissä liukenee (1-5 %) lähinnä karbonaatteja, suolahappoa (titaaniitti, apatiitti) ja osittain myös silikaatteja (kloriitti, serpentiini, kiille). Testissä liukenee vain vähän sulfidimineraaleja, eli testi 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 hapontuottopotentiaalihin. Hitaasti liukenevien karbonaattien neutralointipotentiaali jää puolestaan 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 happetumisreaktioissa tapahtuu samanaikaisesti myös karbonaattien ja/tai silikaattien liukeneminen ja siitä syntyvä hapon neutralointi. Menetelmä voidaan toteuttaa joko yksivaiheisena tai sarjauttuna sulfidimineraalien määrän mukaan. Uutossa happoa syntyy sulfidien hapettumisessa syntyvästä rikkihaposta sekä hapettumisreaktioissa liuenneen 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, AMIRA International 2002) Kaivannaisjätteen luokittelu hapontuoton perusteella on esitetty taulukossa 5-2 sekä kuvassa 5-1.

Taulukko 5-2. Kaivannaisjätteen luokittelu NAG_{pH}- sekä NAPP-arvojen perusteella (AMIRA International 2002).

NAPP	NAG _{pH}	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. Kaivannaisjätteen luokittelu NAG_{pH}- ja NAPP-arvojen perusteella (AMIRA International 2002).

NAG-testillä voidaan varmentaa kaivannaisjätteen luokittelua happoa tuottaviksi tai happoa tuottamattomiksi jätteiksi. NAG-testissä liukenee sulfidimineraaleja (1-10 %), ensisijaisesti magneettikiisu, mutta myös karbonaatteja, suolamineraaleja ja osittain myös silikaatteja. Hapon muodostuminen (NAG_{pH}-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 molemmista rikastushiekkajakeista otettavista kuukausinäytteistä määritetään tarkkailuohjelman mukaisesti rikkipitoisuus, hiilen kokonaispitoisuus, karbonaattisen hiilen ja ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet, hapontuottopotentiaali ja neutralointipotentiaali sekä niiden suhde ABA-testillä. Neljä kertaa vuodessa kuukauden kokoomanäytteille tehdään myös yksivaiheinen NAG-testi rinnakkaisnäytteestä. Vuoden 2021 ABA- ja NAG-testien tulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1 sekä soveltuvin osin kuvissa 5-2 ja 5-3. Vuoden 2021 tuloksia on lisäksi vertailtu vuosien 2013–2020 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. Tulosten vuosikeskiarvot on mahdollisuuksien mukaan laskettu kuukauden kokoomanäytteiden pitoisuuksista ja muilta osin puolen vuoden kokoomanäytteiden tuloksiin perustuen.

5.2.1 ABA-testi

Taulukossa 5-3 on esitetty ABA-testin tulokset vuodelta 2021, ja kuvissa 5-2 sekä 5-3 rikin pitoisuuksien ja NPR-lukujen keskiarvot vuosina 2013-2021. Vuonna 2021 ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet olivat suurelta osin pienempiä kuin laboratorion määrittämissä raja-arvoissa. Määrittämisen alittavien pitoisuuksien osalta mediaanien ja keskiarvojen laskennassa on käytetty määrittämissä raja-arvoissa. Tulosten käsittelyssä ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

Tuotannon analyysissä (ks. taulukko 3-1) rikastushiekan A rikin vuosikeskiarvopitoisuus (0,62 %) oli hieman alhaisempi, mutta samaa suuruusluokkaa kuin velvoitetarkkailun näytteiden keskiarvopitoisuus (0,73 %). Myös tuotannon analyysien painotetut kuukausikeskiarvot (taulukko 3-1) olivat hieman alhaisempia kuin tarkkailuohjelman mukaisten kuukausikokoomanäytteiden tulokset. Rikastushiekan A tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden rikkipitoisuuden keskiarvo 0,73 % alitti ympäristöluvan mukaisen tavoitearvon 0,8 %.

Sekä tuotannon tarkkailussa, että velvoitetarkkailussa rikkipitoisuus määritetään samalla menetelmällä rikki-analysaattorilla (menetelmä 810L). Näytteiden käsittely poikkeaa siten, että velvoitetarkkailun näytteet jauhetaan ennen rikin analysointia, kun taas tuotannon tarkkailun näytteitä ei jauheta. Näytteiden erilainen käsittely voi vaikuttaa keskiarvopitoisuuksien eroon.

Rikastushiekan A rikkipitoisuus oli kaikissa vuoden 2021 näytteissä ABA-testin kaivannaisjäteluokittelun rikkipitoisuuden raja-arvon >1 % (PAF) alapuolella, rikkipitoisuuksien vaihdelta välillä 0,58-0,98 %. ABA-testin NPR-suhdeluvut vaihtelivat välillä 1,3 – 5,0. Rikastushiekka A luokiteltiin ABA-testin tulosten perusteella tammi-maaliskuussa sekä touko-heinäkuussa ei-happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (NAF), ja mahdollisesti happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (PAF) huhtikuussa ja syys-joulukuussa. Vuoden 2021 kuukausikokoomanäytteiden keskiarvon ja mediaanin perusteella rikastushiekka A luokiteltiin ei-happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (NAF) kuten aiempinakin vuosina.

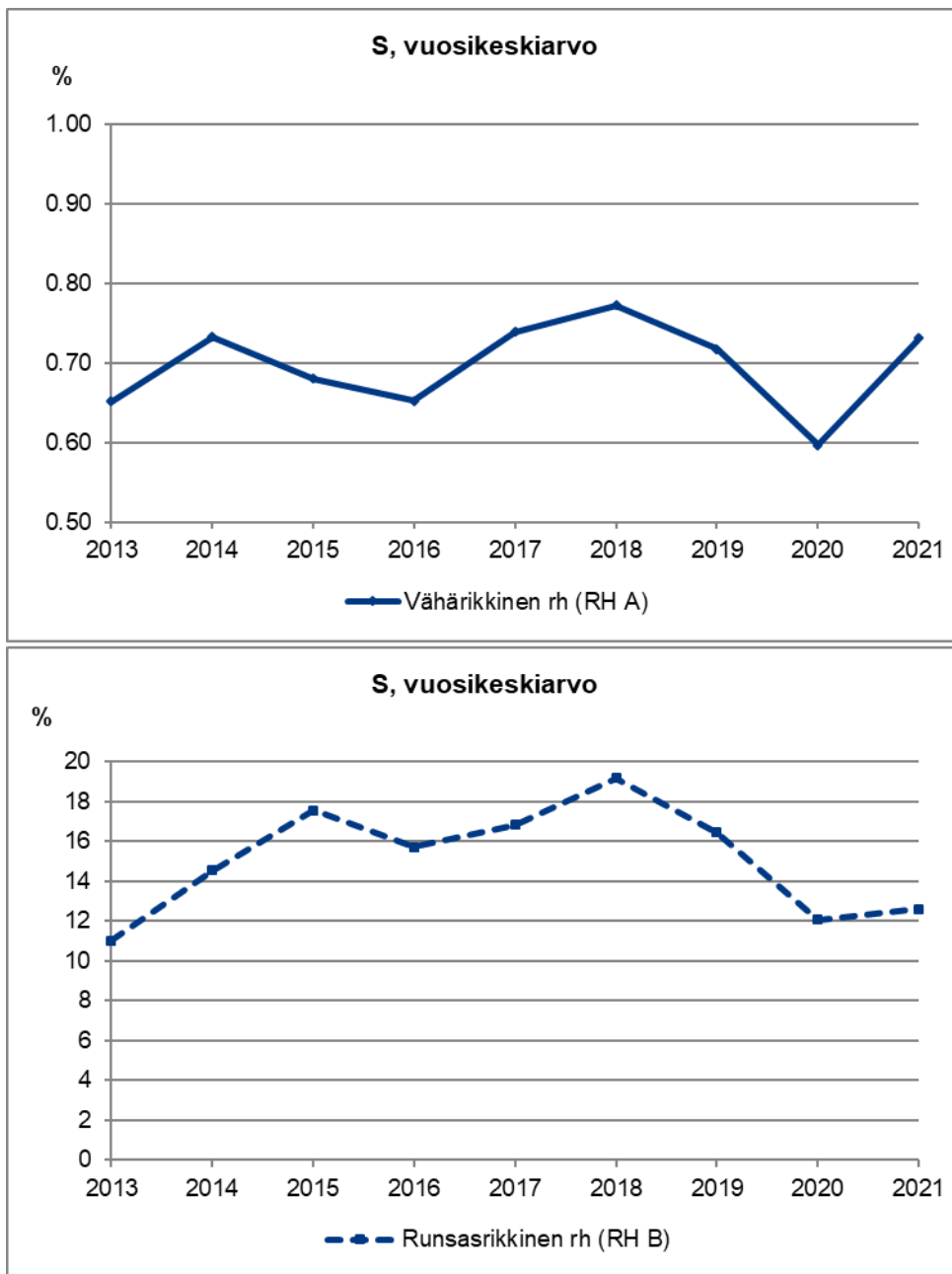
Vuosina 2013–2020 rikastushiekan A rikkipitoisuuksien keskiarvo on ollut samaa suuruusluokkaa kuin vuonna 2021 ja NPR-lukujen keskiarvo vaihdellut hieman (kuvat 5-2 ja 5-3). Vuotta 2018 lukuun ottamatta NPR-luvun vuosikeskiarvo on ollut yli 3 tarkastelujakson 2013-2021 aikana.

Rikastushiekassa B rikkipitoisuuden keskiarvo oli vuonna 2021 12,6 % ja NPR-lukujen keskiarvo oli 0,13. Rikastushiekka B luokiteltiin kaikkien kuukausinäytteiden osalta ABA-testin tulosten perusteella happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (PAF). Rikastushiekan B keskimääräinen rikkipitoisuus oli vuonna 2021 vuosien 2013-2020 vaihteluvälin alarajalla ja keskiarvoa (15,4 %) matalampi. Keskimääräinen NPR-luku (0,13) oli vertailukauden keskiarvon (0,12) tasoa. (Kuvat 5-2 ja 5-3).

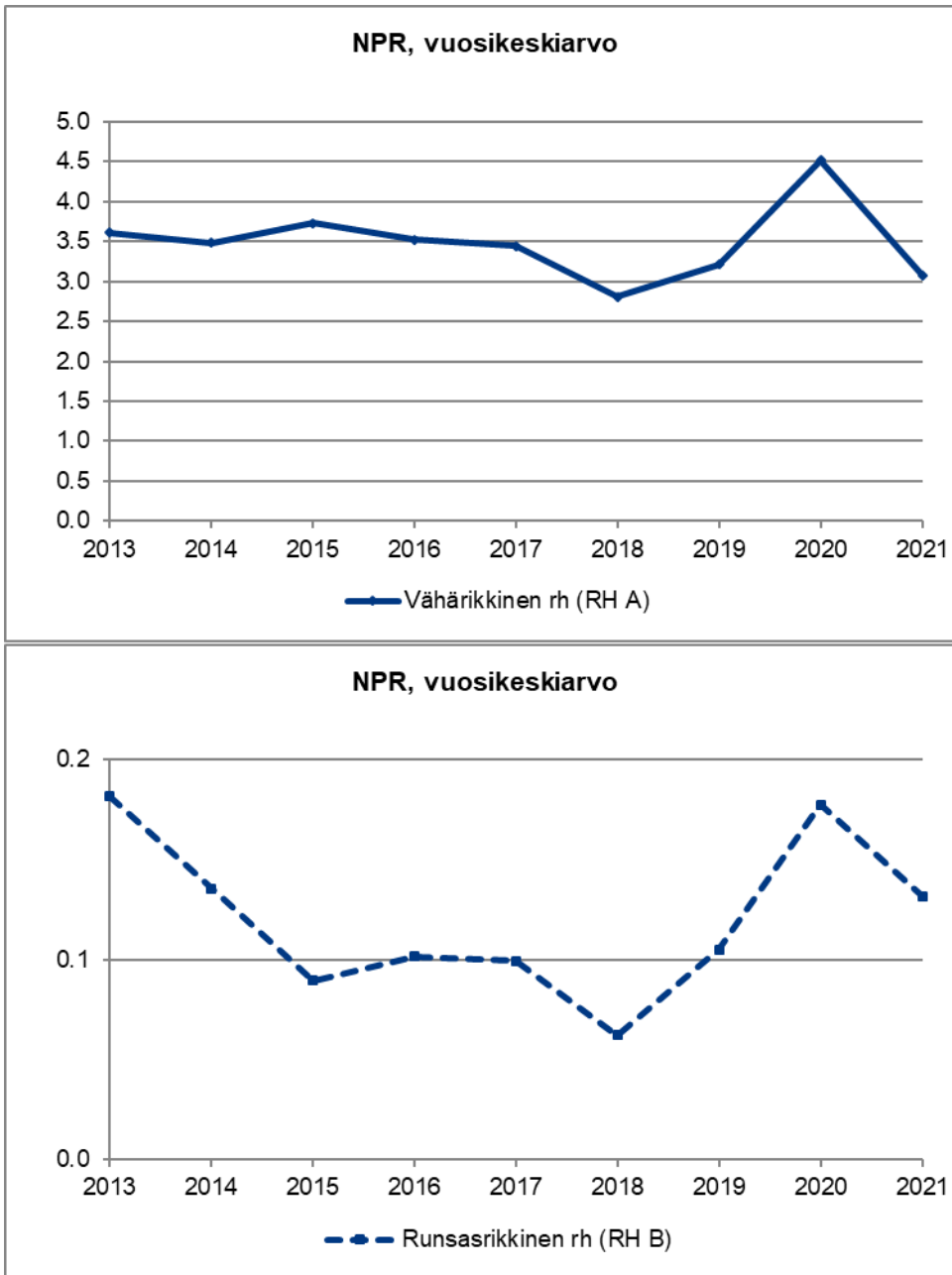
Taulukko 5-3. Rikastushiekkajakeiden kuukausinäytteiden rikin, hiilen, karbonaattisen hiilen, ei-karbonaattisen hiilen, hapontuottopotentialien, neutralointipotentialien ja NPR-luvut vuonna 2021.

Näyte	S %	C %	C carb %	C non carb %	AP kg CaCO ₃ /t	NP kg CaCO ₃ /t	NPR	luokittelu NAF/PAF
Rikastushiekka A								
Tammikuu	0,60	0,24	0,21	<0.05	18,8	70,7	3,8	NAF
Helmikuu	0,58	0,26	0,22	<0.05	18,3	67,1	3,7	
Maaliskuu	0,67	0,23	0,20	<0.05	20,8	70,8	3,4	
Huhtikuu	0,72	0,25	0,21	<0.05	22,4	57,1	2,5	PAF
Toukokuu	0,66	0,26	0,22	<0.05	20,7	104,0	5,0	NAF
Kesäkuu	0,60	0,26	0,21	<0.05	19,0	67,0	3,6	
Heinäkuu	0,63	0,22	0,17	<0.05	20,0	83,0	4,2	
Elokuu								
Syyskuu	0,98	0,21	0,16	<0.05	31,0	41,0	1,3	PAF
Lokakuu	0,72	0,20	0,15	<0.05	23,0	52,0	2,3	
Marraskuu	0,96	0,29	0,24	<0.05	30,0	64,0	2,1	
Joulukuu	0,92	0,30	0,25	<0.05	29,0	55,0	1,9	
Minimi	0,58	0,20	0,15	0,05	18,3	41,0	1,3	
Maksimi	0,98	0,30	0,25	0,05	31,0	104,0	5,0	
Mediaani	0,67	0,25	0,21	0,05	20,8	67,0	3,4	NAF
Keskiarvo	0,73	0,25	0,20	0,05	23,0	66,5	3,1	
Rikastushiekka B								
Tammikuu	11,9	0,31	0,25	0,06	371	62,8	0,17	PAF
Helmikuu	10,9	0,37	0,29	0,08	339	59,0	0,17	
Maaliskuu	11,4	0,32	0,24	0,08	356	61,0	0,17	
Huhtikuu	12,4	0,26	0,19	0,06	386	43,8	0,11	
Toukokuu	14,7	0,26	0,21	<0.05	460	61,9	0,13	
Kesäkuu	15,0	0,37	0,32	0,05	470	46,0	0,10	
Heinäkuu	14,0	0,39	0,33	0,06	440	58,0	0,13	
Elokuu								
Syyskuu	15,3	0,26	0,21	<0.05	480	38,0	<0.1	
Lokakuu	12,3	0,26	0,21	0,05	380	42,0	0,11	
Marraskuu	13,2	0,37	0,29	0,08	410	29,0	<0.1	
Joulukuu	7,7	0,43	0,37	0,06	240	62,0	0,26	
Minimi	7,7	0,26	0,19	0,05	240	29,0	0,10	
Maksimi	15,3	0,43	0,37	0,08	480	62,8	0,26	
Mediaani	12,4	0,32	0,25	0,06	386	58,0	0,13	PAF
Keskiarvo	12,6	0,33	0,26	0,06	394	51,2	0,14	

Tulosten laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia. Määritysrajan allittavien pitoisuuksien osalta mediaanien ja keskiarvojen laskennassa on käytetty määrittäjärajaa.



Kuva 5-2. Rikkipitoisuuksien keskiarvot rikastushiekkajakeissa vuosina 2013–2021.



Kuva 5-3. NPR-lukujen keskiarvot rikastushiekkajakeissa vuosina 2013–2021.

5.2.2 NAG-testi

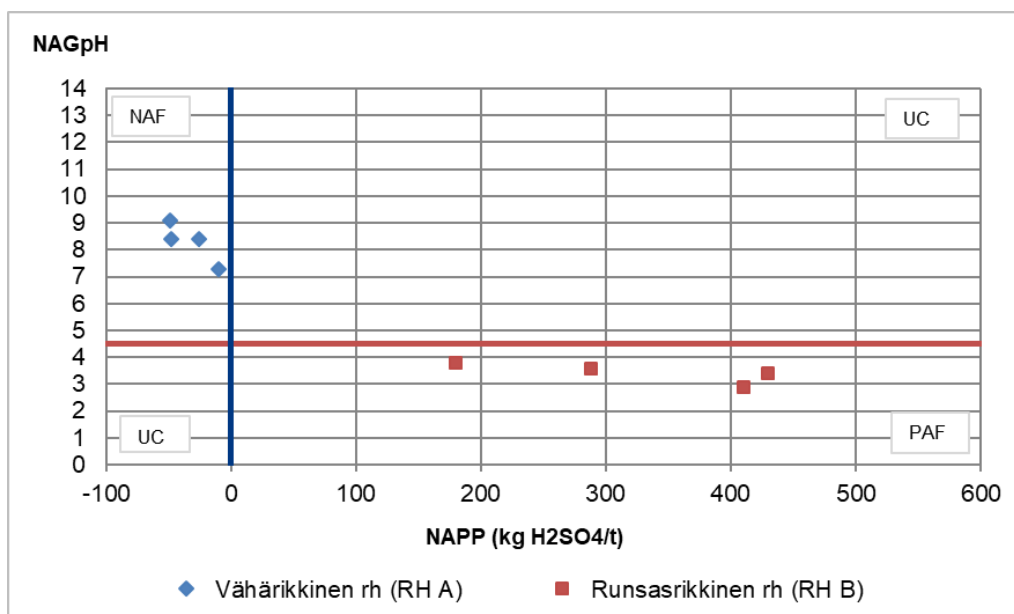
Taulukossa 5-4 on esitetty rikastushiekkajakeiden yksivaiheisen NAG-testin tulokset (NAG_{pH}) vuodelta 2021. Taulukossa on esitetty myös neutralointikapasiteetin (ANC), maksimihapontuottopotentiaalin (MPA) sekä nettohapontuottokyvyn (NAPP) arvot. Syys- ja joulukuun tulosten osalta NAPP-arvo laskettiin manuaalisesti kaavalla $NAPP = MPA - ANC$, koska loppuvuoden tutkimustulosteissa käytettiin minimiarvoa $<0,3$ kaikille minimiarvon alittaville tuloksille. Kyseessä on siis vain erilainen esitystapa laboratorioiden välillä, eikä manuaalisesta laskentatavasta aiheudu epävarmuutta tuloksiin.

Taulukko 5-4. Rikastushiekkajakeiden yksivaiheisen NAG-testin tulokset, neutralointikapasiteetin, maksimihapontuottopotentiaalin sekä nettohapontuottokyvyn arvot vuonna 2021.

Näyte	NAG _{pH} pH	ANC kg H ₂ SO ₄ /t	MPA kg H ₂ SO ₄ /t	NAPP kg H ₂ SO ₄ /t
Vähärikkinen rh (RH A)				
Maaliskuu	9,1	69,3	20,4	-48,9
Kesäkuu	8,4	66	18	-48
Syyskuu	7,3	40	30	-10
Joulukuu	8,4	54	28	-26
Runsarikkinen rh (RH B)				
Maaliskuu	3,6	59,8	348	288,4
Kesäkuu	2,9	45	460	410
Syyskuu	3,4	37	470	430
Joulukuu	3,8	61	240	180

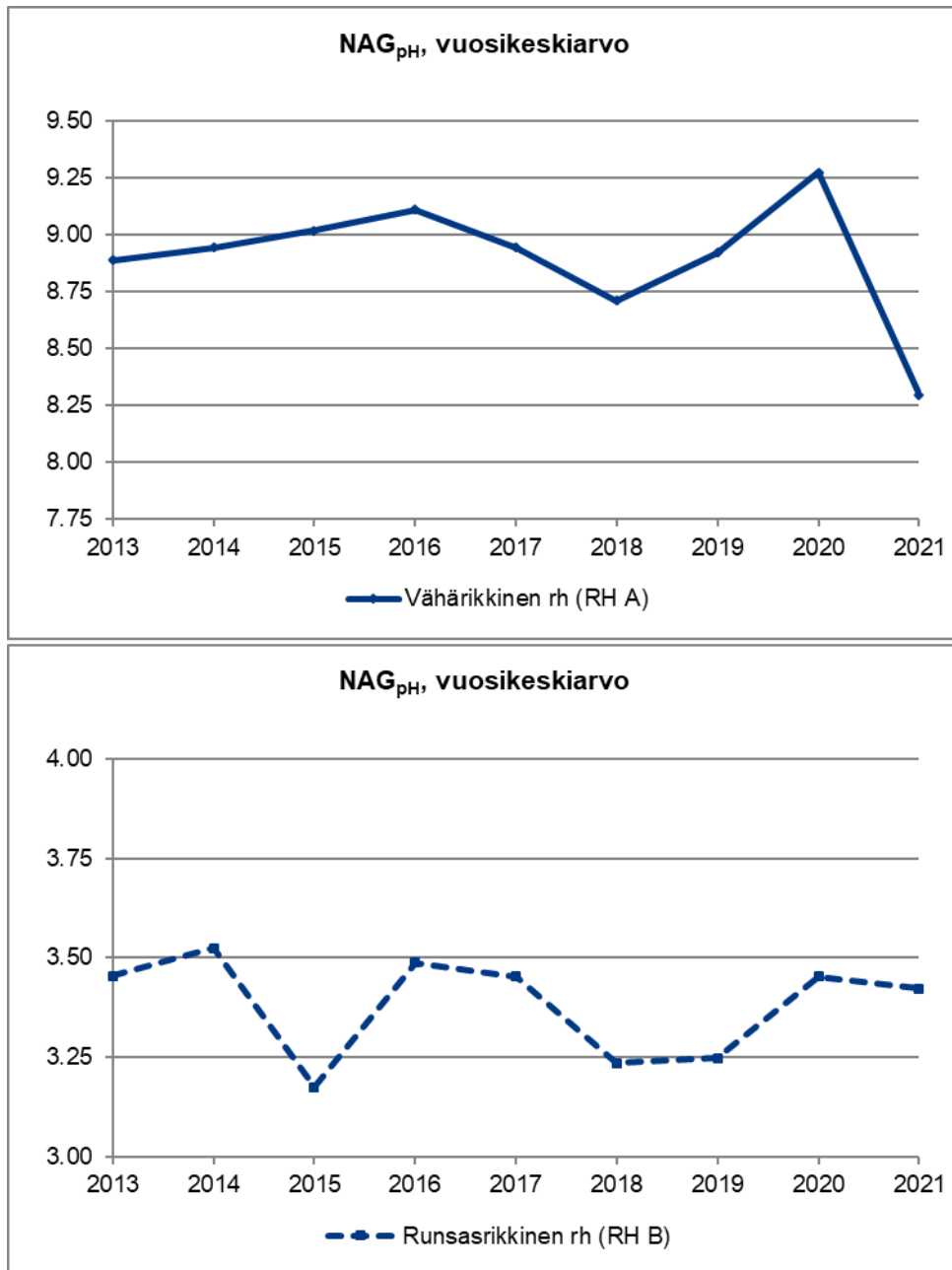
Tulosten laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

Kuvassa 5-4 on esitetty NAPP- NAG_{pH} -vertailu vuoden 2021 rikastushiekkajakeiden osalta. Rikastushiekasta A otetut näytteet luokitellaan NAG-testin NAG_{pH} -arvojen sekä NAPP-arvojen perusteella happoa tuottamattomiksi eli luokkaan NAF (taulukko 5-4, kuva 5-5). Rikastushiekka B puolestaan luokitellaan happoa tuottavaksi jätteeksi eli luokkaan PAF.



Kuva 5-4. Vuonna 2021 rikastushiekkajakeista otettujen näytteiden NAPP- ja NAG_{pH} -arvot.

Runsasrikkisen rikastushiekkajakeen B NAG_{pH} -keskiarvot ovat olleet suurin piirtein samaa tasoa vuosina 2013–2021 (kuva 5-5). Vähärikkisen rikastushiekkajakeen A NAG_{pH} -arvo on pysynyt vuosina 2013-2020 tasolla 8,7-9,3, mutta laski vuonna 2021 arvoon 8,3, joka on seurantahistorian alhaisin. Selvästi laskevaa tai nousevaa trendiä ei ole havaittavissa kummankaan rikastushiekkajakeen osalta.



Kuva 5-5. NAG_{pH} –keskiarvot vuosina 2013–2021. Keskiarvojen laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

6. EPÄVARMUUSTARKASTELU

Vuoden 2021 alusta lähtien rikastushiekkajakeista on otettu uuden (v. 2020) 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. Vuonna 2021 rikastushiekka A voitiin luokitella ei-happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (NAF) sekä ABA-testin että NAG-testin tulosten perusteella, ja rikastushiekka B puolestaan luokiteltiin molempien testien perusteella happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (PAF).

Vuosina 2013-2017 rikastushiekka A on luokitunut vuoden keskimääräisen rikkipitoisuuden ja NPR-luvun perusteella luokkaan NAF ja vuosina 2018-2019 luokkaan PAF. Vuosina 2018-2019 tehtyjen NAG-testien perusteella rikastushiekka A luokiteltiin luokkaan NAF. Vuonna 2020 rikastushiekka A on luokitunut molempien testien perusteella happoa tuottamattomaksi (NAF). NAG-testillä voidaan tarkentaa erityisesti sellaisten kaivannaisjätteiden hapontuottokykyä, joiden NPR-luku on <1 tai 1-3, kuten Kevitsan rikastushiekan A tapauksessa.

Tarkkailutulosten perusteella rikastushiekkajakeiden laatu on vuonna 2021 otettujen ja tutkittujen kuukausinäytteiden perusteella ollut pääosin samalla tasolla koko vuoden ajan. Tarkasteluajanjakson 2013–2021 tuloksissa ei ole havaittavissa huomattavia eroja. Tulosten perusteella voidaankin 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 Eurofins Labtiumin Sodankylän laboratoriossa, jossa niitä ei jauheta ennen analyysia. Tarkkailuohjelman mukaiset kokoomänäytteet taas analysoidaan Eurofins Labtiumin Kuopion laboratoriossa, jossa ne jauhetaan ennen analysointia.

7. YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDE-ESITYKSET

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

Rikastushiekka A

Rikastushiekassa A kromin, kuparin, nikkelin, raudan ja magnesiumin pitoisuuksissa esiintyi jonkin verran vaihtelua, mutta ne olivat samaa suuruusluokkaa kaikissa vuonna 2021 otetuissa ja tutkituissa näytteissä. Kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylemmät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä. Rikastushiekan A keskimääräisissä metallipitoisuuksissa ei ollut havaittavissa merkittäviä muutoksia tarkasteluajanjaksolla 2013-2021, mutta pientä havaittiin edellisvuoteen 2020 verrattuna tutkituissa metallipitoisuuksissa.

Tuotannon analyyseissä rikkipitoisuudet ovat olleet hieman alhaisempia kuin tarkkailuohjelman mukaisissa näytteissä. On kuitenkin todettu, että erilaisella näytteenkäsittelyllä ja partikkelikoolla on vaikutusta rikkipitoisuuksien eroihin. Vuosina 2013–2021 rikastushiekan A rikkipitoisuuksien keskiarvo on pysytellyt suurin piirtein samalla tasolla ja NPR-lukujen keskiarvo vaihdellut hieman. Vuonna 2021 rikastushiekan A tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden rikkipitoisuuden keskiarvo 0,73 % alitti ympäristöluvan mukaisen tavoitearvon 0,8 %.

Rikastushiekka A luokiteltiin ei-happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi vuoden 2021 ABA-testin keskimääräisen rikkipitoisuuden ja NPR-luvun perusteella, vaikka yksittäisissä kuukausinäytteissä oli eroja huhtikuun sekä

syys-joulukuun osalta (PAF). NAG-testin NAG_{pH} -arvojen sekä NAPP-arvojen perusteella rikastushiekan A koostumänäytteet luokiteltiin 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 2013–2021, vaikka vuonna 2021 NAG_{pH} -vuosikeskiarvo laskikin matalimmaksi tarkkailuhistorian aikana.

B-rikastushiekka

Rikastushiekassa B kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen ylemmät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä. Vuoden keskimääräinen nikkelpitoisuus oli samaa tasoa kuin vuosina 2013-2019 ja pitoisuus oli laskenut edellisvuodesta 2020. Myös keskimääräisessä kuparipitoisuudessa havaittiin laskua edellisvuoteen verrattuna. Muilta osin rikastushiekan B keskimääräisissä metallipitoisuuksissa ei ollut havaittavissa merkittäviä muutoksia tarkasteluajanjaksolla 2013-2021.

Rikastushiekassa B tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden rikkipitoisuuden keskiarvo oli 12,6 % ja NPR-lukujen keskiarvo 0,14. Tulosten perusteella rikastushiekka B luokitellaan happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi. Vuonna 2021 keskimääräinen rikkipitoisuus ja NPR-luku olivat samalla vaihteluvälillä kuin vuosina 2013-2020. Myös NAG-testin tulosten perusteella rikastushiekka voitiin luokitella vuonna 2021 happoa tuottavaksi jätteeksi eli luokkaan PAF. Rikastushiekan B NAG_{pH} -keskiarvot ovat olleet suurin piirtein samaa tasoa vuosina 2013–2020.

Jatkotoimenpiteet

Vuonna 2020 laaditussa tarkkailuohjelmassa ei ole esitetty muutoksia rikastushiekkajakeiden tarkkailuun.

VIITTEET

- AMIRA International (2002) ARD Test Handbook. Project P387A Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage. Ian Wark Research Institute 2002. Moniste 42 s.
- Kauppila P., Räisänen M-L., Myllyoja S. (2011) Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt, Suomen ympäristö 29/2011. Helsinki 2011.
- Ramboll Finland Oy (2015) Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma. Täydennetty 2.10.2015 ja päivitetty 20.6.2017. Moniste 109 s.
- Ramboll Finland Oy (2020) Boliden Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma. Päivätty 19.11.2020, 144 s.
- Räisänen M-L. (2009) Kaivannaisjätteiden geokemiallinen karakterisointi – lyhyt- ja pitkäaikaisten muutosten arviointi. Kaivannaisalan ympäristöpäivät 15.-16.9.2009, Lappeenranta.
- Ympäristöministeriö (2007) Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. PIMA-asetus. Voimaantulo 01.06.2007. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>
- Ympäristöministeriö (2013) Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 190/2013. Voimaantulo 01.05.2013. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2013/20130190>

LIITTEET

Analytical method	512P * (Kuopio)	512P * (Kuopio)	512P * (Kuopio)	512P * (Kuopio)	512P * (Kuopio)	810L * (Kuopio)	811L * (Kuopio)	816L (Kuopio)	816L (Kuopio)	826T1 (Kuopio)	826T1 (Kuopio)	826T1 (Kuopio)	826T1 (Kuopio)	827T (Kuopio)	827T (Kuopio)	GQKAB (Jyväskylä)	827T (Kuopio)	827T (Kuopio)	827T (Kuopio)	827T (Kuopio)
Analytical method description	Multi-element analysis by ICP-OES	Multi-element analysis by ICP-OES	Multi-element analysis by ICP-OES	Multi-element analysis by ICP-OES	Multi-element analysis by ICP-OES	Analysis of S by combustion technique	Analysis of C by combustion technique	Determination of C carb and C non carb by combustion technique	Determination of C carb and C non carb by combustion technique	Single addition NAG test. ARD Test Handbook. 2002	Single addition NAG test. ARD Test Handbook. 2002	Single addition NAG test. ARD Test Handbook. 2002	Single addition NAG test. ARD Test Handbook. 2002	ABA test	ABA test	ABA test	ABA test	ABA test	ABA test	ABA test
Parameter	Cr *	Cu *	Fe *	Mg *	Ni *	S *	C *	C carb	C non carb	NAGpH	EC	NAG (pH 4.5)	NAG (pH 7.0)	AP	NP	NNP	NPR	ANC	MPA	NAPP
Detection Limit	1	1	50	10	2	0,01	0,05	0,05	0,05					0,3					0,3	
Unit	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%	%	pH	mS/m 25°C	kg H2SO4/t	kg H2SO4/t	kg CaCO3/t	kg CaCO3/t	kg CaCO3/t		kg H2SO4/t	kg H2SO4/t	kg H2SO4/t
Rikastushiekka A 1_2021						0,6	0,24	0,21	<0,05					18,8	70,7		3,76			
Rikastushiekka A 1_2021 (2)						0,6	0,24	0,19	<0,05					18,8	73,1		3,89			
Rikastushiekka A 2_2021						0,58	0,26	0,22	<0,05					18,3	67,1		3,68			
Rikastushiekka A 3_2021	515	385	49000	50600	869	0,67	0,23	0,2	<0,05	9,09	29	0	0	20,8	70,8		3,4	69,3	20,4	-48,9
Rikastushiekka A 3_2021 (2)	524	387	49700	51600	885	0,68	0,23	0,2	<0,05	9,18	29,6	0	0	21,2	70,9		3,34	69,4	20,8	-48,6
Rikastushiekka A 4_2021						0,72	0,25	0,21	<0,05					22,4	57,1		2,54			
Rikastushiekka A 4_2021 (2)						0,71	0,25	0,2	<0,05					22,2	57,4		2,58			
Rikastushiekka A 5_2021						0,66	0,26	0,22	<0,05					20,7	104		5,02			
Rikastushiekka A 5_2021 (2)						0,67	0,26	0,23	<0,05					21,1	105,3		5			
Rikastushiekka A_6_2021	460	630	50000	50000	890	0,6	0,26	0,21	<0,05	8,4	32	0	0	19	67		3,6	66	18	-48
Rikastushiekka A_6_2021 (2)	470	630	49000	51000	890	0,61	0,27	0,22	<0,05	8,4	31	0	0	19	65		3,4	64	19	-45
Rikastushiekka A_7_2021						0,63	0,22	0,17	<0,05					20	83		4,2	81	19	-62
Rikastushiekka A_9_2021	620	270	51000	53000	760	0,98	0,21	0,16	<0,05	7,3	47,3			31	41	10	1,3	40	30	<0,3
Rikastushiekka A_10_2021						0,72	0,2	0,15	<0,05					23	52	30	2,3	51	22	<0,3
Rikastushiekka A_11_2021						0,96	0,29	0,24	<0,05					30	64	34	2,1	63	29	<0,3
Rikastushiekka A_12_2021	610	570	55000	55000	770	0,92	0,3	0,25	<0,05	8,4	38,5	Ei tulosta	Ei tulosta	29	55	26	1,9	54	28	<0,3
Rikastushiekka B 1_2021						11,9	0,31	0,25	0,06					371	62,8		0,17			
Rikastushiekka B 2_2021						10,9	0,37	0,29	0,08					339	59		0,17			
Rikastushiekka B 3_2021	434	3500	191000	35500	15900	11,4	0,32	0,24	0,08	3,59	172	11	41,3	356	61		0,17	59,8	348	288,4
Rikastushiekka B 3_2021 (2)						11,3	0,33													
Rikastushiekka B 4_2021						12,4	0,26	0,19	0,06					386	43,8		0,11			
Rikastushiekka B 4_2021 (2)						12,3	0,26													
Rikastushiekka B 5_2021						14,7	0,26	0,21	<0,05					460	61,9		0,13			
Rikastushiekka B 5_2021 (2)						14,8	0,25													
Rikastushiekka B_6_2021	340	4100	270000	30000	19000	15	0,37	0,32	0,05	2,9	246	24	60	470	46		0,1	45	460	410
Rikastushiekka B_7_2021						14	0,39	0,33	0,06					440	58		0,13	57	430	370
Rikastushiekka B_9_2021	380	1800	280000	33000	9700	15,33	0,26	0,21	<0,05	3,4	239	11	50	480	38	<0,3	<0,1	37	470	430
Rikastushiekka B_10_2021						12,28	0,26	0,21	0,05					380	42	<0,3	0,11	41	380	330
Rikastushiekka B_11_2021						13,16	0,37	0,29	0,08					410	29	<0,3	<0,1	28	400	370
Rikastushiekka B_12_2021	630	2700	170000	44000	6200	7,73	0,43	0,37	0,06	3,8	163	2,1	26	240	62	<0,3	0,26	61	240	180

Analysimenetelmät:

512P *:	Multi-element analysis by ICP-OES
810L *:	Analysis of S by combustion technique
811L *:	Analysis of C by combustion technique
816L:	Determination of C carb and C non carb by combustion technique
826T1:	Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002
827T:	ABA test
GQKAB	ABA test