

Nordic Talc Oy

Kaivannaisjätteiden karakterisointi
ja asianmukainen BAT-päätelmien
soveltaminen rakenteissa



Nordic Talc Oy

Kaivannaisjätteiden karakterisointi ja asianmukainen BAT-päätelmien soveltaminen rakenteissa

Projekti	Nordic Talc
Projekti nro	1510076008
Asiakirjatyyppi	Riskiselvitys
Päivämäärä	10.11.2023
Laatija	Riikka Fred ja Hanna Tolvanen
Tarkastaja	Tarja Simonen

Ramboll
Kiviharjunlenkki 1 A
90220 OULU

P +358 20 755 611

Sisältö

1.	Johdanto	2
2.	Kohde- ja toimintatiedot	2
3.	Lähtötiedot	2
4.	Kaivannaisjätteiden karakterisointi	3
4.1	Näytteet	3
4.2	Menetelmät	4
4.3	Tulokset	4
5.	Päästö-, pinta- ja pohjavesien seuranta	8
6.	Karakterisointitulosten tulkinta ja BAT-päätelmien soveltaminen rakenteiden suunnittelussa	10
7.	Epävarmuudet	12
8.	Yhteenveto	13
9.	Lähteet	14
	Liitteet	14

1. Johdanto

Nordic Talc Oy on tilannut Ramboll Finland Oy:ltä Suomussalmen talkkikaivoksen YVA-vaiheen sivukivi- ja rikastushiekka-alueiden hankesuunnittelun. Työhön sisältyy myös tämän raportin mukainen kaivannaisjätteiden alustavan karakterisoinnin pohjalta tehty tarkastelu BAT-päätelmien soveltamisesta rakenteiden suunnittelussa.

Alustavan karakterisoinnin kaivannaisjätteille ja osalle maanäytteistä on tehnyt GTK. Ramboll on lisäksi tehnyt tutkimuksia pohjatutkimusten yhteydessä otettujen maanäytteiden osalta. Näytteiden karakterisointi ja BAT-päätelmien tarkastelu on tehty saatavilla olevan tiedon asettamalla tarkkuudella.

2. Kohde- ja toimintatiedot

Hankealue sijaitsee Suomussalmen kunnassa noin 1,5 km etäisyydellä lounaaseen Saarikylästä. Hankealueen itäpuolella sijaitsee jo toimintoja, kuten Kivikankaan vuolukivilouhos ja siihen liittyvät toiminnot. Kohteen pohjois-, etelä- ja länsipuolella on metsä- ja suomaastoa. Alueella on harjoitettu kaivostoimintaa vuodesta 1999 lähtien.

Uuden laajentuvan kaivostoiminnan suunniteltu toiminta-aika on noin 20 vuotta. Vuosittainen maksimilouhintamäärä tulee olemaan 1 100 000 t/a, josta sivukiveä louhitaan vuosittain maksimissaan 650 000 t ja malmia 450 000 t (Lähde: Afry 2021). Sivukivestä alle 5 % on happoa tuottavaa.

Taulukko 2-1. Louhossuunnitelman avainluvut vuosille 1-20. (Lähde: Afry 5.5.2021, YVA-ohjelma)

	Määrä yhteensä
Malmi	8 232 000 t
Sivukivi	7 804 000 t
Maanpoisto	210 000 m ³

3. Lähtötiedot

Tässä raportissa on hyödynnetty lähtötietona Nordic Talcin kaivosalueelta otettuja sivukivinäytteitä (10 kpl) ja rikastuskokeesta saatua rikastushiekkänäytettä (1 kpl) sekä maaperänäytteitä (4 kpl). Näytteitä on tutkittu Geologian tutkimuskeskuksen sekä Rambollin toimesta.

Raportissa on tämän lisäksi hyödynnetty kaivosalueelta kerättyjen pohja-, pinta- ja suotovesinäytteiden seurantatuloksia vuosilta 2010–2022.

Eri kaivannaisjätealueille suunniteltuja rakenteita ja alueiden pohjaolosuhteita on kuvattu tarkemmin alueelle laaditussa rakennettavuusselvityksessä sekä sulkemissuunnitelmassa.

4. Kaivannaisjätteiden karakterisointi

4.1 Näytteet

Alla olevassa taulukossa on listattuna tarkastelussa mukana olleet näytteet (Taulukko 4-1). Näytteen karakterisointia on tehty jätteen karakterisointi -standardin mukaisesti (CEN/TR 16376:2012).

Taulukko 4-1. Näytteet

Näytetyyppi	Näytetunnus	Tekijä / teettäjä	Laboratorio	Analyytit	Standardi
Sivukivi (fylliitti)	GK_TEKA-2023-1.1	GTK	Eurofins Oy	Modaalinen mineraalikoostumus (XRD, FE-SEM-EDS) Kokonaisrikki (Leco, 810 L) Kokonaishiili (811L) Karb. Ja ei-karb. Hiili (816L) 4-happoliuotus (304) Kuningasvesiuutto (512) Metallipitoisuudet (ICP-OES, ICP, MS) Hapontuottokyky (827T) NAG-testi (826T1)	EN 14582 EN 13137 EN 13656 EN 13657 prEN16170 prEN16171 EN 15875
Sivukivi (fylliitti)	GK_TEKA-2023-2.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Sivukivi (grafiitti-fylliitti)	GK_TEKA-2023-3.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Sivukivi (grafiitti-fylliitti)	GK_TEKA-2023-4.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Sivukivi (hapan vulkaniitti)	GK_TEKA-2023-5.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Sivukivi (hapan vulkaniitti)	GK_TEKA-2023-6.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Sivukivi (emäksisen juonikivi)	GK_TEKA-2023-7.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Sivukivi (emäksisen juonikivi)	GK_TEKA-2023-8.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Sivukivi (As-pitoisen vuolukivi)	GK_TEKA-2023-9.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Sivukivi (harmaa vuolukivi)	GK_TEKA-2023-10.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Moreeni	GK_TEKA-2023-11.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Rikastushiekka	GK_TEKA-2023-16.1	GTK	Eurofins Oy	—”—	—”—
Moreeni	Tulikivi N39	Ramboll	Eurofins Oy	Kokonaisrikki (Leco, 810 L) Kokonaishiili (811L) Karb. Ja ei-karb. Hiili (816L) Kuningasvesiuutto (512) Metallipitoisuudet (ICP-OES, ICP, MS) Hapontuottokyky (827T) NAG-testi (826T1)	EN 14582 EN 13137 EN 13657 prEN16170 prEN16171 EN 15875
Moreeni	Tulikivi N46	Ramboll	Eurofins Oy	—”—	—”—
Moreeni	Tulikivi P3	Ramboll	Eurofins Oy	—”—	—”—

GTK:n tutkimuksiin toimitettujen sivukivinäytteiden kokonaismäärä on ollut noin 5–17 kg/näyte sen ollessa keskimäärin noin 15 kg/näyte. Sivukivinäytteet on valittu ja otettu kairasydämistä, jotka on kairattu suunnitellun Haaposen alueelta. GTK:n toimesta tutkittu moreeninäyte edustaa kokoomanäytettä, joka on kerätty kolmesta eri pisteestä suunnitellun Haaposen louhoksen alueelta. Rikastushiekkanäyte on peräisin Metson (Metso: Outotec) tekemistä Locked Cycle -rikastuskokeista ja se edustaa täysimittaisesti prosessia simuloivaa piiriä ja jätettä.

Rambollin toimesta tutkittujen moreeninäytteiden määrä oli noin 500 g/näyte ja ne on otettu syvyydeltä 0–1 m kolmelta eri tutkimuspisteeltä: kaksi näytettä (N39 ja N46) Mesa-ahon alueelta ja P3 rikastamon eteläpuolelta.

4.2 Menetelmät

GTK:lle toimitettujen näytteiden analysoinnissa käytettiin kaivannaisjätteiden karakterisoinnille soveltuvia menetelmiä (Kaivannaisjäteasetus 190/2013), jotka ovat myös BAT 2 päätelmän mukaisia mineralogisia ja geokemiallisia analyyseja. Rambollin toimesta tutkituista maaperänäytteistä analysoitiin geokemiallisia ominaisuuksia (Taulukko 4-1). Näytteistä analysoitiin mm. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) mukaisten metallien pitoisuuksia sekä hapontuotto- ja neutralointipotentiaalia. Karakterisoinnissa ei ole hyödynnetty kineettisiä menetelmiä (CEN/TR 16363:2012).

4.3 Tulokset

Alla on esitetty koonti GTK:n tutkimien näytteiden mineralogiasta. Tarkempi kuvaus löytyy GTK:n raportista (GTK 2023). Näytteiden mineralogia on vaihtelevaa. Sulfidimineraaleja on havaittu ainoastaan fylliiteistä sekä mahdollisesti hyvin pieni määrä happamasta vulkaniitista. Sivukivet sisältävät myös nopeasti sekä hitaasti neutraloivia mineraaleja (karbonaatit ja silikaatit).

Taulukko 4-2. GTK:n tutkimien näytteiden mineraalikoostumus (GTK 2023).

Näytetunnus	Pääkomponentit	Sivukomponentit	Hivenkomponentit
GK_TEKA-2023-1.1 (Fylliitti)	Kloriitti ja kvartsi	Stilpnomelaani, kiille, sideriitti ja dolomiitti-ankeriitti	Goethiitti, plagioklaasi ja amfiboli
GK_TEKA-2023-2.1 (Fylliitti)	Kloriitti, kvartsi ja muskoviitti	Talkki	Plagioklaasi, dolomiitti, rutiili ja rikkikiisu
GK_TEKA-2023-3.1 (Grafiittifylliitti)	Kloriitti, stilpnomelaani ja kvartsi	Biotiitti	Albiitti, muskoviitti, rikkikiisu, sideriitti, ankeriitti ja gruneriitti
GK_TEKA-2023-4.1 (Grafiittifylliitti)	Kloriitti ja kvartsi	Muskoviitti, biotiitti ja stilpnomelaani	Plagioklaasi, magneettikiisu, goethiitti, dolomiitti-ankeriitti, kalsiitti ja rikkikiisu
GK_TEKA-2023-5.1 (hapan vulkaniitti)	Kvartsi, kloriitti, muskoviitti ja dolomiitti-ankeriitti	Biotiitti	Plagioklaasi, rutiili, magneettikiisu, rikkikiisu ja kalsiitti
GK_TEKA-2023-6.1 (hapan vulkaniitti)	Kvartsi, muskoviitti ja kloriitti	Plagioklaasi ja dolomiitti-ankeriitti	Biotiitti ja rutiili
GK_TEKA-2023-7.1 (emäksinen juonikivi)	Kloriitti, kvartsi ja dolomiitti-ankeriitti	Plagioklaasi ja muskoviitti	Biotiitti, talkki ja rutiili
GK_TEKA-2023-8.1 (emäksinen juonikivi)	Kloriitti ja talkki	kvartsi	Biotiitti, plagioklaasi, dolomiitti-ankeriitti ja rutiili
GK_TEKA-2023-9.1 (As-pitoinen vuolukivi)	Talkki	Magnesiitti ja kloriitti	Dolomiitti-ankeriitti ja rikkikiisu
GK_TEKA-2023-10.1 (harmaa vuolukivi)	Talkki	Magnesiitti ja kloriitti	Dolomiitti, hematiitti ja magnetiitti
GK_TEKA-2023-11.1 (Moreeni)	Kloriitti, talkki ja kvartsi	Plagioklaasi ja muskoviitti	Biotiitti, klinoamfiboli, klinopyrokseeni, kalimaasälpä, dolomiitti-ankeriitti ja serpentiini
GK_TEKA-2023-16.1 (Rikastushiekka)	Magnesiitti, talkki ja kloriitti	Ei faaseja	Magnetiitti, hematiitti, dolomiitti ja serpentiini

Näytteiden kuningasvesiuutolla analysoituja ympäristölle vaarallisten hivenmetallien pitoisuuksia verrattiin PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) ohjearvoihin (Taulukko 4-3). Näytteissä havaittiin kohonneita pitoisuuksia arseenia, kobolttia, kromia ja nikkeliä. Kaivannaisjäteasetuksen (VNa 190/2013) mukaan aines voidaan luokitella pysyväksi, jos PIMA-asetuksessa määriteltyjen haitta-aineiden pitoisuudet eivät ylitä esitettyjä kynnysarvoja tai alueen maaperän taustapitoisuuksia. Näytteiden haitallisten metallipitoisuuksien perusteella ainoastaan 2 moreeninäytettä (Tulikivi N46 ja N39) voidaan luokitella pysyväksi kaivannaisjätteeksi.

Taulukko 4-3. Näytteiden ympäristölle vaarallisten hivenmetallien ja arseenin pitoisuudet (kuningasvesiutto) verrattuna PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) ohjearvoihin.

Al- ku- aine	As	Cd	Co	Pb	Sb	Hg	Cr	Cu	Ni	V	Zn
Määrittäysraja	0,01	0,01	0,1	0,02	0,02	0,01	1	1	2	1	1
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
GK_TEKA-2023-1.1	37	0,2	17	1,9	0,1	-	138	28	98	56	95
GK_TEKA-2023-2.1	5,5	1,2	25	3,8	0,1	-	102	71	154	12	137
GK_TEKA-2023-3.1	12	0,3	8,9	8,2	0,2	-	29	61	23	31	85
GK_TEKA-2023-4.1	5,3	0,1	21	6,8	0,5	-	43	137	61	32	78
GK_TEKA-2023-5.1	74	0,3	27	2,7	0,1	-	149	73	179	35	60
GK_TEKA-2023-6.1	10	0,3	11	15	0,04	-	35	35	51	7,3	103
GK_TEKA-2023-7.1	2,7	0,2	27	2,9	0,1	-	69	69	113	35	31
GK_TEKA-2023-8.1	0,3	0,02	28	2,6	0,03	-	190	8,8	146	42	24
GK_TEKA-2023-9.1	195	0,1	43	0,8	0,3	-	436	15	535	9,6	15
GK_TEKA-2023-10.1	2,7	0,03	34	0,3	0,04	-	419	2,1	187	11	7,8
GK_TEKA-2023-11.1	18	0,2	25	4,8	0,1	-	206	75	143	33	54
GK_TEKA-2023-16.1	0,6	0,1	45	0,6	0,1	-	832	7	367	14	12
Tulikivi N46	0,446	0,062	10,7	4,46	0,068	<0,01	68,2	29,9	39	32,2	37,2
Tulikivi N46 (2)	0,448	0,062	10,3	4,43	0,078	<0,01	68	30,3	39,7	32,6	36,7
Tulikivi P3	13,4	0,226	40,1	6,11	0,107	0,011	212	77,6	182	37,1	55
Tulikivi N39	0,283	0,024	8,38	2,8	0,057	<0,01	37,4	23,1	25,9	24,8	23,5
Kynnsarvo	5	1	20	60	2	0,5	100	100	50	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	10	2	200	150	100	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	750	50	5	300	200	150	250	400

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

ABA-testi on standardoitu menetelmä (EN 15875), johon kuuluu testi haponmuodostuspotentiaalille (AP) ja neutralointipotentiaalille (NP). Näiden perusteella voidaan laskea nettoneutralisointipotentiaali (NNP) ja neutralisointipotentiaalin suhde (NPR tai NP/AP). (YM 2020). Jätteen luokittelu happea muodostavaksi tai muodostamattomaksi perustuu neutralointi- ja hapontuottopotentiaalin (NP/AP eli NPR) suhdelukuun ja sulfidisen rikin kokonaispitoisuuteen (Taulukko 4-4).

NAG-testi ei ole standardoitu menetelmä, vaan se tehdään usein AMIRA:n (2002) ohjeen mukaisesti. Ohje ei kuitenkaan ole yksityiskohtainen esimerkiksi käytettävien lämpötilojen tai jäädytysaikaisten suhteen, jonka vuoksi samasta näyteaineksesta saatetaan saada eri tuloksia eri laboratorioissa (Parbhakar-Fox et al. 2018). (YM 2020). NAG-testillä voidaan varmentaa kaivannaisjätteiden luokittelua happea tuottaviksi tai happea tuottamattomiksi jätteiksi (Taulukko 4-5).

Taulukko 4-4. Kaivannaisjätteiden luokittelu sulfidisen rikin ja NPR-luvun perusteella.

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

Taulukko 4-5. Kaivannaisjätteiden luokittelu NAG_{pH}- sekä NAG-arvojen perusteella (AMIRA 2002).

NAG _{pH}	NAG (kg H ₂ SO ₄ /t)	Luokittelu
4,5	0	Happoa tuottamaton, NAF
<4,5	0–5	Mahdollisesti happoa tuottava – alhainen kapasiteetti, PAF-LC *
<4,5	>5	Mahdollisesti happoa tuottava, PAF

ABA-testin perusteella kaikki muut näytteet voidaan luokitella happoa tuottamattomiksi paitsi sivukivistä fylliitti ja grafiittifylliitti (Taulukko 4-6).

Taulukko 4-6. ABA-testin tulokset.

	Kok. S	Kok. C	Carb. C	AP	NP	NP / AP
Määrittäysraja	0,01	0,05	0,05	0,3		
	%	%	%	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t	
GK_TEKA-2023-1.1	0,27	1,28	1,10	8,3	20	2,5
GK_TEKA-2023-2.1	0,48	0,85	0,43	15	22	1,5
GK_TEKA-2023-3.1	1,97	1,37	0,74	62	5,6	<0,1
GK_TEKA-2023-4.1	3,24	2,08	0,52	100	25	0,3
GK_TEKA-2023-5.1	0,85	3,36	3,31	27	120	4,5
GK_TEKA-2023-6.1	0,20	0,62	0,56	6,3	24	3,8
GK_TEKA-2023-7.1	0,08	3,26	3,21	2,5	120	48
GK_TEKA-2023-8.1	0,04	0,41	0,34	1,3	21	17
GK_TEKA-2023-9.1	0,25	4,34	4,24	7,8	37	4,7
GK_TEKA-2023-10.1	0,1	5,41	5,2	3,1	13	4,2
GK_TEKA-2023-11.1	<0,01	0,21	0,12	<0,32	0,32	-
GK_TEKA-2023-16.1	<0,01	10,16	10,10	<0,32	46	-
Tulikivi N46	<0,01	0,23	0,13	<0,32	0,65	-
Tulikivi N46 (2)	<0,01	0,24	0,13	<0,32	0,6	-
Tulikivi P3	0,01	0,45	0,25	<0,32	0,3	-
Tulikivi N39	<0,01	0,12	0,06	<0,32	1	-

NAG-testin perusteella muut näytteet voidaan luokitella happoa tuottamattomiksi paitsi sivukivistä grafiittifylliitit. Lisäksi moreeninäytteet (pl. Tulikivi P3) sekä fylliittinäyte saattavat omata alhaisen kapasiteetin hapontuottopotentialin (Taulukko 4-7).

Taulukko 4-7. Näytteiden NAG_{pH} sekä NAG (pH 7).

	NAG pH	NAG (pH 7,0)
	pH	kg H ₂ SO ₄ /t
GK_TEKA-2023-1.1	8,2	-
GK_TEKA-2023-2.1	5,7	0,37
GK_TEKA-2023-3.1	2,6	33
GK_TEKA-2023-4.1	2,6	27
GK_TEKA-2023-5.1	8,8	-
GK_TEKA-2023-6.1	8,6	-
GK_TEKA-2023-7.1	9,5	-
GK_TEKA-2023-8.1	8,4	-
GK_TEKA-2023-9.1	8,4	-
GK_TEKA-2023-10.1	8,9	-
GK_TEKA-2023-11.1	7,0	0,14
GK_TEKA-2023-16.1	8,5	-
Tulikivi N46	6,4	0,49
Tulikivi N46 (2)	6,3	0,49
Tulikivi P3	7,1	-
Tulikivi N39	6,2	0,58

Edellä esitettyjen jätteen karakterisointimenetelmien lisäksi jätteet voidaan luokitella pysyväksi jätteeksi, mikäli seuraavat ehdot täyttyvät (Kaivannaisjäteasetus 190/2013, Liite 1):

- jäte ei hajoa tai liukene tai muuten muutu merkittävästi siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle
- jätteestä ei aiheudu itsesyttymisen vaaraa eikä se pala
- jäte ei käytännössä sisällä louhinnassa tai rikastuksessa käytettyjä aineita, jotka voivat aiheuttaa vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle (YM 2020).

Näitä edellä mainittuja osatekijöitä pysyvän kaivannaisjätteen luokittelussa ei ole tässä raportissa käsitelty.

5. Päästö-, pinta- ja pohjavesien seuranta

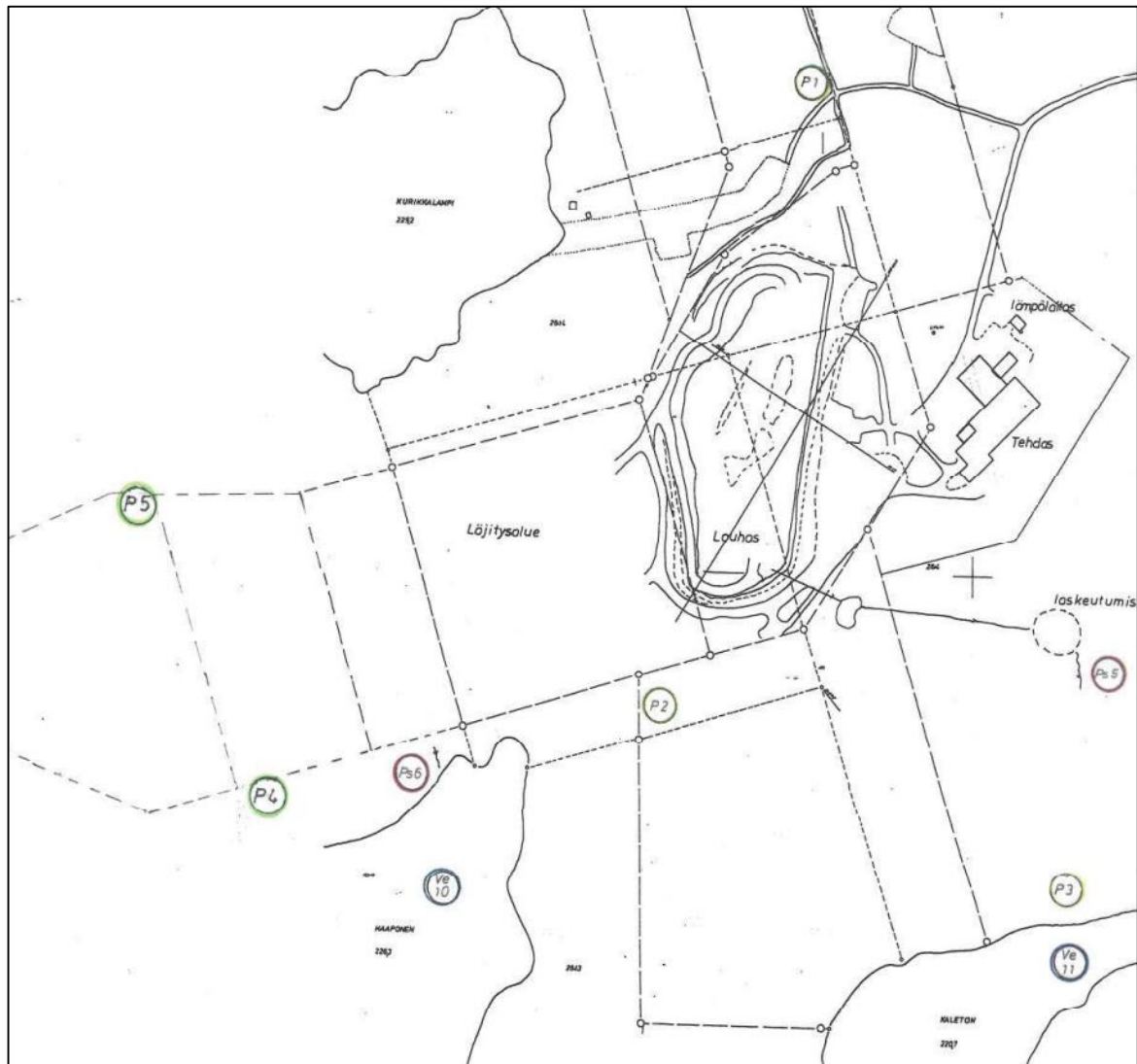
Nordic Talcin kaivoksen alueella on tehty pintavesien (ml. suotovedet) laadun seurantaa vuodesta 2010 lähtien 3 kertaa vuodessa. Veden laadun tarkkailuja on tehty viidestä pisteestä (ks. kuva 1):

- PS5: Louhosveden koostumus ylivuoto-ojasta (päästövesi)
- PS6: Sivukivien läjitysalueen suotoveden koostumus ennen Haaposta (päästövesi)
- VE10: Haaposen järven pitoisuudet (pintavesi)
- VE11: Kaleton järven pitoisuudet (pintavesi)
- VE12: Vertailupiste Suvantojoessa (pintavesi)

Pohjavesien laadun seurantaa on tehty vuodesta 2011 lähtien kerran vuodessa (BAT 40 mukainen). Pohjavesien seurantaa on tehty viidestä mittauspisteestä (ks. kuva 1):

- P1: Vertailupiste kaivosalueen ulkopuolella
- P2: Haaposen ja Kivikankaan louhoksen välissä oleva piste läjitysalueen suotovesien vaikutuksen tarkkailuun
- P3: Louhoksen vaikutus pohjavesiin

- P4: Haaposen ja läjitysalueen välissä oleva piste läjitysalueen suotovesien vaikutuksien tarkkailuun
- P5: Läjitysalueen pohjoispuolella sijaitseva piste, joka on asennettu liian matalaksi.



Kuva 1. Tarkkailupisteet. (Lähde: SKYT tarkkailuraportti 2022, 17.1.2023)

Pohjatutkimusten yhteydessä kesäkuussa 2023 pisteeseen P5 asennettiin uusi pohjavesiputki tuhoutuneen tilalle ja Mesa-ahon alueelle suunnitellun rikastushiekka-alueen kohdalle asennettiin uusi havaintoputki (HP44). Uuden putken sijainti on kuvan 1 ulkopuolella. Putkesta mitattiin pohjavedenpinta, analysoitavia näytteitä ei otettu.

Yhteenveto vesistötarkkailun tuloksista vuosilta 2019–2022 on koottu alle. Yhteenvedossa hyödynnettiin Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n (2020, 2021, 2022, 2023) tarkkailuraportteja.

Vuosien 2019–2022 aikana päästötarkkailun osalta täytettiin kaivoksen ympäristöluvan ehdot. Louhoksen vaikutuksia on havaittavissa kummassakin päästötarkkailupisteessä (PS5 ja PS6), etenkin purkuputken (PS5) veden laadussa. Toiminnan vaikutus näkyy hieman taustastaan korkeampana pH-arvona sekä nikkelin ja arseenin pitoisuuksina louhosvedessä ja sivukivialueelta suotautuvassa

vedessä. Ainoastaan kiintoainespitoisuudet ovat ajoittain ylittäneet luparajan. Pintavesien tarkkailun osalta (VE10-12) ei viime vuosien aikana ole havaittu merkittäviä kaivostoiminnan vaikutuksia lähialueen vesistöihin ja vesistöjen tila on todettu erinomaiseksi. Kaivostoiminnalla ei ole todettu olevan vaikutusta pohjaveden pinnankorkeuteen. Pohjavesien raskasmetallipitoisuudet ovat olleet edellisiä vuosia pienempiä (P2-P5) paitsi vertailuputkessa P1 (kaivosalueen ulkopuolella), jossa metallipitoisuudet ovat olleet hieman normaalia korkeampia.

6. Karakterisointitulosten tulkinta ja BAT-päätelmien soveltaminen rakenteiden suunnittelussa

Näytteiden karakterisointi on tehty asianmukaisilla menetelmillä (BAT 2). Vesistöjen tarkkailua on tehty aiemman toiminnan osalta ympäristöluvan mukaisesti vuosien 2010–2022 aikana. Vesistöjen tarkkailun osalta on hyödynnetty kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita (BAT 40 ja BAT 41). (YM 2020)

Sivukivet

Karakterisointi tulosten perusteella (ABA-testi) muut sivukivet voidaan luokitella happoa tuottamattomiksi, mutta alueella esiintyvät fylliitit (ml. grafiittifylliitit) luokitellaan happoa tuottaviksi. Lisäksi kaikista sivukivinäytteistä havaittiin PIMA-asetuksen ohjearvoja ylittäviä metallipitoisuuksia, joten niitä ei voida luokitella pysyviksi kaivannaisjätteiksi. Haitta-aineista herkimmin mobilisoituvia ovat sulfideihin ja arsenaattiin sitoutuneet arseeni, koboltti ja nikkeli. Myös karbonaatteihin sitoutunut kromi voi mobilisoitua sulfidien tuottaman happamuuden liuottaessa karbonaattia. Niukkaliukoisiin silikaatteihin ja oksideihin sitoutuneet haitta-aineet ovat heikosti mobilisoituvia neutraaleissa olosuhteissa. Haitta-aineiden mobilisoitumiseen vaikuttaa myös kivissä runsaasti esiintyvät neutraloivat karbonaatti- ja silikaattimineraalit, jotka todennäköisesti pitävät suotovedet neutraaleina. Suotoveden neutraali pH vähentää haitta-aineiden mobilisoitumista hidastamalla mineraalien rapautumista ja se myös lisää mobilisoituneiden haitta-aineiden sitoutumista saostuviin sekundäärisiin mineraaleihin. (GTK 2023)

Happoa tuottavan sivukiven läjitys vaatii BAT 35 päätelmän mukaiset tiiviit pohjarakenteet. Käytön päätyttyä läjitys vaatii BAT 38 mukaisen peittorakenteen. Happoa tuottamatonta sivukiveä ei myöskään kohonneiden metallipitoisuuksien vuoksi voida luokitella ei pysyväksi kaivannaisjätteeksi, ja sen pohjalta tulisi soveltaa BAT35 mukaisia rakenteita. Aiemman sivukiviläjityksen osalta tehdyn pitkäaikaisen päästötarkkailun perusteella, sivukivien suotovedet ovat neutraaleja, mutta sisältävät kohonneita metallipitoisuuksia. Suotovesillä ei kuitenkaan ole todettu olevan merkittäviä vaikutuksia ympäristön vesistöihin, ja tarkkailutulosten perusteella happoa tuottamattomat sivukivet eivät tarvitse tiiviitä pohjarakenteita. Myös happoa tuottamattomien sivukivien osalta on kuitenkin myös varmistettava liukoisuudet pitkällä aikavälillä ja varmistettava rakenteiden tarpeellisuus näiden perusteella.

Nykyisen toiminnan mukaisesti kaikki sivukivet on läjitetty samalle alueelle. Päästötarkkailun perusteella sivukivikasasta muodostuvat suotovedet ovat neutraaleja, mutta sisältävät kohonneita metallipitoisuuksia. Koska jatkossa suunnitelmien mukaan happoa tuottavat kivet tullaan läjittämään erikseen, voidaan olettaa, että Haaposen louhimisen yhteydessä muodostuvan ei happoa tuottavan sivukiven läjityksen suotoveden laatu on samankaltainen kuin nykyisen läjityksen aikainen, ellei jopa parempi. Läjitettävien kivilajien määräsuhteet voivat kuitenkin poiketa Kivikankaan louhoksen aikaisista ja tällä voi olla vaikutusta tulevan suotoveden laatuun.

Karakterisoinnin ja jo läjitettyjen sivukivien päästötarkkailun perusteella happoa tuottamatonta sivukiveä voidaan oletettavasti hyödyntää alueelle suunnitelluissa rakenteissa kuten pohja- ja allasrakenteissa tai teiden ja pihojen päällysrakenteissa, mikäli happoa tuottava sivukivi saadaan erotettua siitä kokonaisuudessaan ja kivi soveltuu geoteknisten ominaisuuksien puolesta käytettäväksi kohteessa. Liukoisuudet tulee kuitenkin varmistaa pitkäaikaiskäytön testaamisella.

Tämän tutkimuksen yhteydessä tehdyssä perustason staattisessa karakterisoinnissa, joka perustuu lyhytkestoisiin laboratoriokokeisiin, ei kuitenkaan voida arvioida tarkasti haitta-ainepitoisuuksia tulevissa suotovesissä. Happoliuotteiset liukoisuustestit antavat ns. enimmäismääräarvion mahdollisesti liukenevista haitta-aineista ja staattiset testit antavat ainoastaan kokonaiskuvan hapon tuotto ja neutralointipotentiaaleista – nämä testit eivät ota kantaa siihen missä vaiheessa ja järjestyksessä kaivannaisjätteissä esiintyvät faasit reagoivat. Haitta-aineiden pitoisuustasoja ja pitkäaikaiskäyttämistä tulevissa Haaposen talkkiesiintymän suotovesissä voidaan tutkia tarkemmin pidempikestoisten kineettisten testien (esim. kosteuskammio-testit) ja geokemiallisen mallinnuksen avulla.

Rikastushiekka

Rikastushiekka on happoa tuottamatonta mutta sisältää kohonneita metallipitoisuuksia, joten myöskään rikastushiekkaa ei voida luokitella pysyväksi kaivannaisjätteeksi (Kaivannaisjäteasetus 190/2013, Liite 1). Ei pysyväksi luokitellun rikastushiekka-altaan pohjarakenteeksi soveltuu BAT35a mukainen tiivis ja vettä läpäisemätön luonnonmaa tai sitä vastaava pohjarakenne, ja peittorakenteeksi 38a mukainen läpäisemätön, alhaisen virtaaman kuivapeitto. Alustavien karakterisointitulosten perusteella rikastushiekan arseeni-, kromi- ja nikkelpitoisuudet ovat korkeita – huomattavasti korkeampia kuin valtaosalla sivukivistä. Rikastushiekan osalta pitkäaikaiskäyttämistä ei ole saatavilla vertailutietoa, joten saatavilla olevaan tietoon perustuen rikastushiekalle suositellaan pohjarakenteita.

Rikastushiekasta on tutkittu vain yksi rikastuskokeista saatu näyte. Yhdestä näytteestä saatava tulos on suuntaa antava ja rikastushiekan ominaisuuksien ja pitkäaikaiskäyttämisen osalta on suositeltavaa tehdä seurantaa ja lisätutkimuksia.

Moreeni/ylijäämämaat

Osa moreeninäytteistä voidaan luokitella pysyviksi jätteiksi (Kaivannaisjäteasetus 190/2013) ja niitä voidaan siten suoraan hyödyntää alueen rakentamisessa sekä maisemoinnissa. Etenkin nykyisen toiminnan läheisyydessä maaperässä esiintyy kohonneita metallipitoisuuksia, mikä voi olla este maa-aineksen hyödyntämiselle. Kohonneet metallipitoisuudet on huomioitava myös rakenteiden alle jäävien maa-ainesten osalta – mikäli happamia suoto- tai muita vesiä pääsee valumaan alla olevaan maaperään, ne voivat liuottaa maaperässä esiintyviä haitta-aineita, jotka voivat kulkeutua alueen vesistöihin. Maaperän pitoisuudet heijastavat alueen kallioperän kohonneita pitoisuuksia. Kaikki analysoidut moreeninäytteet luokiteltiin happoa tuottamattomiksi.

Haaposen louhoksen alueelta kerätyn kokoomanäytteen voidaan olettaa edustavan melko hyvin louhoksen alueen maaperän keskikoostumusta. Muiden alueiden osalta näytemäärät ja edustavuudet ovat vain suuntaa antavia ja näiden osalta voidaan tarvita täydentävää näytteenottoa, mikäli maa-aineksia joudutaan poistamaan ja läjittämään tai niitä hyödynnetään alueen rakentamisessa.

Vesien ja maaperän tarkkailut

Pintavesitarkkailun perusteella kaivoksen toiminnalla ei ole ollut vaikutusta lähialueen vesistöihin. Pohjavesissä on havaittu kohonneita metallipitoisuuksia sekä pH-arvoja. Viime vuosien aikana metallipitoisuudet ovat kuitenkin olleet laskussa. Päästötarkkailu suoto- ja pohjavesien osalta on ollut BAT 40 päätelmän mukaista. Päätelmän mukainen tekniikka soveltuu ei pysyvän kaivannaisjätteen

seurannalle. Maaperän osalta tarkkailua ei ole nykyisen toiminnan osalta tehty. Myös maaperän tilan tarkkailua suositellaan jatkossa suoritettavaksi BAT 3 ja BAT 40 päätelmien mukaisesti.

Tarkkailun suunnittelu kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraamiseksi ja varmentamiseksi on osa kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelmaa. Tarkkailussa hyödynnettävät menetelmät tulee valita viitaten CEN/TR 16376 -standardin liitteisiin, joissa on kuvattu esimerkiksi kaivannaisjätteen karakterisointiin sopivia testimenetelmiä (CEN 2012). (YM 2020)

7. Epävarmuudet

Sivukiviä tullaan laajentuvassa toiminnassa louhimaan yhteensä noin 7 Mt, joista sulfidisia mineraaleja arviolta on noin 1 prosentti eli alle 100 000 t. Potentiaalisesti sulfidisen sivukivijätteen karakterisoinnin vähimmäisnäytemääräksi on esitetty alle 1 Mt sivukiven määrän osalta muutamasta näytteestä pariin kymmentä näytettä. GTK:n tutkimuksissa sivukiviä on analysoitu 10 näytteestä. GTK:n raportin mukaan tulokset edustavat ko. näytteitä, eikä kokonaisuudessaan Haaposen sivukiviä. Analysoidut näytteet on koottu eri kairasydämistä (2–5 kairasta/näyte) otetuista näytteistä, jolloin analysoidut näytteet ovat keskiarvokoostumus eri kairasydämistä otetuista näytteistä. Jo-kaista sivukivilajia on analysoitu 2 näytettä. Lisäksi viereisen Kivikankaan louhoksen mineraalit on luotettavasti tiedossa. Sivukivien osalta näytemäärän voidaan katsoa olevan varsin kattava ja näytteiden katsotaan edustavan hyvin alueella esiintyviä kivilajeja.

Rikastushiekan osalta on analysoitu rikastuskokeesta saatu yksittäinen koontinäyte, joten epävarmuutta sisältyy rikastushiekan osalta tuloksiin. Kohteen maaperässä esiintyy paikoin kohonneita metallipitoisuuksia, joten maaperä- ja rikastushiekanäytteiden osalta epävarmuutta voidaan vähentää lisätutkimuksilla.

Sulfidisten happoa tuottavien kaivannaisjätteiden pitkäaikaikäyttäytymisen osalta tulisi jätteen karakterisointi – standardin CEN/TR 16363:2012 mukaan tehdä kineettistä testausta. Standardia voidaan joissakin tapauksissa soveltaa myös jätejakeille, jotka eivät ole happoa tuottavia tai joiden osalta testin tulos on epävarma tai jotka sisältävät runsaasti haitta-aineita. Kineettisten testien puute aiheuttaa epävarmuuksia kaivannaisjätejakeiden pitkäaikaikäyttäytymisen arvioimiseen ja siten valittuihin rakenteisiin. Hankkeen jatkosuunnittelussa on suositeltavaa tutkia myös kaivannaisjätteiden pitkäaikaikäyttäytymistä. Kineettisen testauksen avulla saadaan tarkempi käsitys siitä mitä haitta-aineita, kuinka paljon ja missä järjestyksessä niitä kaivannaisjätteistä liukenee.

Laboratoriomääritykset tehdään jauhetulle kiviainekselle, mikä ei huomioi todellista kivi/lohkarekokoja ja reagoivaa pinta-alaa. Liukoisuudet olisi hyvä myös selvittää kivilajien kokoomanäytteistä, jotka on koostettu esiintymän arvioidun kivilajikoostumuksen mukaan.

Vaikka Kivikankaan louhinnan aikana muodostuneen sivukiven läjityksestä muodostuneiden suotovesien laatua on tarkkailtu, eikä sen osalta ole todettu haittavaikutuksia ympäristöön, liittyy Haaposen louhinnan yhteydessä muodostuvien sivukivien suotoveden koostumukseen epävarmuuksia. Vaikka happoa tuottava sivukivi on tarkoitus läjittää erilleen, happoa tuottamattoman sivukiven suotoveden laadusta ei ole varmaa tietoa. Alueen vesistöt (Haaponen ja Kaleton) ovat luokiteltu tilaltaan erinomaisiksi, eikä niiden tila saa siis suunnitellun kaivostoiminnan takia heiketä.

8. Yhteenveto

Työssä on tehty kaivannaisjätteiden alustavan karakterisoinnin pohjalta tarkastelu BAT-päätelmien soveltamisesta rakenteiden suunnittelussa.

Karakterisoinnissa tutkittujen näytteiden perusteella Nordic Talcin sivukiviä ja rikastushiekkaa ei voida luokitella kaivannaisjäteasetuksen mukaisiksi pysyviksi kaivannaisjätteiksi. Sivukivistä happoa voi muodostaa grafiittifyllitti ja mahdollisesti happoa voi muodostaa fylliitti. Lisäksi sivukivissä on runsaasti neutraaloivia mineraaleja. Tähän asti kaikki sivukivet on läjitetty samalle alueelle ilman erottelua ja ilman pohjarakennetta.

Vuonna 2010 aloitetun seurannan perusteella kaivoksen vuonna 1999 alkaneesta toiminnasta ei ole havaittavissa merkittäviä vaikutuksia alueen ulkopuolelle. Alueen louhos- ja suotovesissä on havaittu vain pieniä muutoksia (Ni, As ja pH).

Koska jatkossa suunnitelmien mukaan happoa tuottavat kivet tullaan läjittämään erikseen, happoa tuottavan sivukiven läjitys vaatii BAT 35 päätelmän mukaiset tiiviit pohjarakenteet. Käytön päätyttyä läjitys vaatii BAT 38 mukaisen peittorakenteen. Karakterisoinnin perusteella happoa tuottamattomaa sivukiveä voidaan mahdollisesti hyödyntää alueelle suunnitelluissa pohjarakenteissa, mikäli happoa tuottava sivukivi saadaan erotettua siitä kokonaisuudessaan. Käyttömahdollisuus tulee kuitenkin varmistaa pitkäaikaiskokeilla.

Alueella tehdyn päästötarkkailun perusteella sivukivien läjitysalueelta muodostuvat suotovedet ovat neutraaleja, mutta sisältävät kohonneita metallipitoisuuksia. Koska jatkossa suunnitelmien mukaan happoa tuottavat sivukivet tullaan läjittämään erikseen, voidaan olettaa, että Haaposen louhimisen yhteydessä muodostuvan ei happoa tuottavan sivukiven läjityksen suotoveden laatu on samankaltainen kuin nykyisen läjityksen aikainen, ellei jopa parempi. Läjitettyjen kivilajien määräsuhteet voivat kuitenkin jonkin poiketa kivikankaan louhoksen aikaisista, mikä voi näkyä kuitenkin eroina suotoveden laaduissa.

Hankkeen edetessä on suositeltavaa tehdä vielä täydentäviä tutkimuksia kaivannaisjätteiden karakterisoinnin osalta.

9. Lähteet

GTK, 2023. Geologian tutkimuskeskus – Nordic Talc Oy, Haaposen talkkiesiintymän mineraalainesten ympäristöominaisuudet.

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, 2020. Tulikivi oyj, kivikankaan louhoksen vesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2019.

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, 2021. Tulikivi oyj, kivikankaan louhoksen vesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2020.

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, 2022. Tulikivi oyj, kivikankaan louhoksen vesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2021.

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, 2023. Tulikivi oyj, kivikankaan louhoksen vesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2022.

YM 2020. Ympäristöministeriö – Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen.

Liitteet

Liite 1. Eurofins Labtium Oy, Testausseleste, 29.8.2023