Vastaanottaja
AA Sakatti Mining Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
31.5.2024

Viite
1510062024

SAKATIN PÖLYVAIKUTUSTEN ARVIOINTI
POROJEN SEKUDÄÄRINEN ALTISTUMINEN- LÄHTÖAINEISTO JA TAUSTASELVITYS

RAMBOLL Bright ideas. Sustainable change.

SAKATIN PÖLYVAIKUTUSTEN ARVIOINTI
POROJEN SEKUDÄÄRINEN ALTISTUMINEN-LÄHTÖAINEISTO JA TAUSTASELVITYS

Projekti	Sakatin kaivoksen pölylaskeuman sekundääriset vaikutukset poroihin
Projekti nro	1510062024
Vastaanottaja	AA Sakatti Mining Oy
Asiakirjatyyppi	Raportti
Versio	5
Päivämäärä	31.5.2024
Laatija	Inka Reijonen, Heli Lassila, Ramboll Finland Oy
Tarkastaja	Katariina Koikkalainen, Hanna Tolvanen, Ramboll Finland Oy

Ramboll
PL 25
Itsehallintokuja 3
02601 ESPOO

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
https://fi.ramboll.com

Ramboll Finland Oy
Y-tunnus 0101197-5, ALV rek.
Kotipaikka Espoo

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	2
2.	Pölyn koostumus	2
2.1	Mineralogia	3
2.2	Hapontuotto	5
2.3	Rikastushiekkojen alkuaineiden kokonaispitoisuudet	6
3.	Metallien liukoisuus matalarikkisestä rikastushiekasta	8
3.1	Matalarikkinen rikastushiekka: prosessivaihtoehto 1	8
3.2	Matalarikkinen rikastushiekka: prosessivaihtoehto 2	11
4.	Pölyn raskasmetallipitoisuudet suhteutettuna maaperään	13
5.	Pölyn laskeutumisalueet	16
5.1	Vuosittainen haitta-ainelaskeuma pölyn mukana	16
6.	Kromin, kuparin ja nikkelin ympäristökemia	19
7.	Metallien liukoisuus suhteessa ympäristön viitearvoihin	20
8.	Kysely paliskunnille	21
9.	Jatkotarkastelu	21

LIITE 1. Paliskuntien haastattelu

1. JOHDANTO

AA Sakatti Mining Oy (Anglo American Plc:n tytäryhtiö) suunnittelee Sakatin monimetalliesiintymän hyödyntämistä. Hankealue sijaitsee Sodankylän kunnassa noin 15 km kuntakeskuksesta koilliseen Kemijoen vesistöalueeseen kuuluvan Kitisen jokivarressa. Sakatin esiintymä sijoittuu Natura 2000 -verkostoon kuuluvalle ja soidensuojeluohjelmalla suojellun Viiankiaavan suon länsilaidalle. Sakatin esiintymä sijaitsee maan alla Natura-alueen alapuolella. Monimetalliesiintymän nyt tunnetut mineraalivarannot ovat noin 44,4 miljoonaa tonnia. Yhtiön suunnitelmissa on aloittaa malmin louhinta 1,25–2,2 milj. t/v kapasiteetilla, joka takaa kaivoksen elinkaareksi nyt tunnetuilla mineraalivarannoilla yli 20 vuotta. Louhinta tullaan toteuttamaan maanalaisena kaivoksena. Kaivoksen päätuotteena tulevat olemaan joko erilliset kupari- ja nikkelirikaste tai yhteisrikaste. Rikasteita tuotetaan yhteensä keskimäärin noin 250 000 t/v (150 000–500 000 t/v). Mineraalien rikastus tapahtuu vaahdotusprosessilla kemikaalien avulla. Kaivokselta kuljetetaan rikastetta jatkojalostettavaksi. Hankealueelle sijoitettavia toimintoja ovat maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti- ja rikastamoalueet, sivukiven, malmin ja pintamaiden välivarastointialueet, läjitysalue rikastushiekalle, tiestöt, putkistot, sähkölinjat, vesienhallinta- ja käsittelyrakenteet, pastalaitos, lämpölaitos, kemikaalien ja räjähdysaineiden varastot, saniteettijätevedenpuhdistamo sekä varikot.

Suunnitellussa malmin rikastusprosessissa syntyy rikastushiekkaa, joka on suurimmaksi osaksi matalarikkistä. Korkearikkinen rikastushiekka, sekä osa matalarikkisestä hyödynnetään maanalaiseen kaivoksen kaivostäyttöihin valmistettavan pastan materiaalina. Matalarikkistä rikastushiekkaa läjitetään mahdollisesti kuivaläjityksenä maanpinnalle (YVA:n toteutusvaihtoehto VE1a, VE2a ja VE3a), mistä sitä voi kulkeutua edelleen tuulen mukana ympäristöön. YVA-menettelyn aikana on mallinnettu pölyn kulkeutumista sekä arvioitu sen vaikutuksia ympäristöön. Sakatin kaivoshankkeen pölymallinnuksen on laatinut AONA Environmental ja ympäristövaikutusten arvioinnista vastasi FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy.

AA Sakatti Mining Oy on tilannut Rambollilta tarkastelun matalarikkisen rikastushiekan aiheuttaman pölylaskeuman mahdollisista sekundäärisistä vaikutuksista alueen porojen ravintoon. Tarkastelu perustuu YVA:ssa esitettyyn vaihtoehtoon VE1a, jossa matalarikkistä rikastushiekkaa voi kulkeutua tuulen mukana pölynä ympäristöön. Tarkasteltava vaihtoehto valittiin riskiperusteisesti eli suurimman mahdollisen haitan arvioimiseksi (kuivaläjityksessä pölyäminen on suurempaa kuin märkäläjityksessä).

Raporttiin on koottu tilaajan aiempien tutkimusten tuloksia lähtötiedoksi ja arvioitu tutkimustulosten hyödynnettävyyttä kohdekohtaisissa arvioinneissa. Lisäksi työn ensimmäisessä vaiheessa on kartoitettu muita saatavilla olevia kirjallisuuslähteitä, kuten tieteellisiä artikkeleita tai tutkimuslaitosten raportteja.

2. PÖLYN KOOSTUMUS

Tässä työssä tarkastellaan kahdessa rikastusprosessivaihtoehdossa syntyviä matalarikkisiä rikastushiekkoja. Rikastusprosessivaihtoehdosta 1 käytetään jatkossa nimitystä ’prosessivaihtoehto 1’ ja rikastusprosessivaihtoehdosta 2 käytetään jatkossa nimitystä ’prosessivaihtoehto 2’. Rikastushiekkojen geokemialliset ominaisuudet on esitetty tutkimusraporteissa (prosessivaihtoehto 1, SRK Consulting 2018: SRK 2018. Tailings geochemical characterisation report for the Sakatti Cu-Ni-PGE-Au deposit, Finland ja prosessivaihtoehto 2 Geochemic Ltd., 2020: Geochemical characterisation of metallurgical test work process tailings samples from the Sakatti Ni-Cu-PGE Deposit, Finland.).

Tähän raporttiin on koottu toimeksiannon toteutuksen aikana tilaajan toimittamat tiedot tarkasteltavien rikastushiekkojen fysikaaliskemiallisista ominaisuuksista, keskittyen niihin ominaisuuksiin, jotka ovat olennaisia poron altistumisen kannalta.

Arvio matalarikkisen rikastushiekan partikkelikokojakaumasta on esitetty Sakatin monimetallihankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostuksen täydennysasiakirjan liitteen kaivannaisjäteraportissa (AFRY 2023). AFRYn raportin mukaan prosessivaihtoehdossa 1 matalarikkisen rikastushiekan keskiraekoko on molemmissa näytteissä 40 µm. Prosessivaihtoehto 2 nämä ominaisuudet ovat vastaavat kuin prosessivaihtoehto 1:n tapauksessa (kappale 7.2.3)

2.1 Mineralogia

Matalarikkinen rikastushiekka: prosessivaihtoehto 1

Prosessivaihtoehdon 1 matalarikkinen rikastushiekka koostui pääosin magensium-hydroksysilikaattimineraalista nimeltä serpentiini ja rautaoksidimineraalista nimeltä magnetiittii. Pienemmissä määrin rikastushiekka muodostui oliviinista (magneisiumsilikaatti), klooriitista (magnesium-rauta-aluminohydroksidisilikaatti), biotiitistä (kiillesavimineraali – verkkosilikaatti) sekä magnesiumbeckiitistä (natrium-magnesium-rautahydroksidisilikaatti). Prosessivaihtoehdon 1 matalarikkinen rikastushiekka ei sisältänyt mangeettikiisua (sulfidimineraali). Tiedot perustuvat tutkimusraporttiin (SRK 2018. Tailings geochemical characterisation report for the Sakatti Cu-Ni-PGE-Au deposit, Finland).

Taulukko 2-1. Matalarikkisen rikastushiekan, prosessivaihtoehto 1, mineraloginen kuvaus XRD-menetelmällä (Lähde: SRK 2018. Tailings geochemical characterisation report for the Sakatti Cu-Ni-PGE-Au deposit, Finland).

Mineraali	Mineraalin kaava	Matalarikkinen rikastushiekka
Magneettikiisu	$Fe_{1-x}S$	0 %
Serpentiini	$Mg_3Si_2O_5(OH)4$	35 %
Magnetiitti / magnesioferriitti	Fe_3O_4	28 %
Oliviini	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	11 %
Kloriitti	$Mg_{3.75}Fe_{1.25}Si_3Al_2O_{10}(OH)_8$	10 %
Biotiitti / flogopiitti	$K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(F,OH)_2$	9 %
Magnesium-riebeckiitti (amfiboli)	$Na_2[(Mg,Fe^{2+})_3Fe^{3+}{}_2]Si_8O_{22}(OH)_2$	7 %
yht.		100 %

Matalarikkinen rikastushiekka: prosessivaihtoehto 2

Prosessivaihtoehdon 2 matalarikkinen rikastushiekka koostui pääosin serpentiinistä, ortopyrokseeneista, amfibolista ja oliviinista (Kuva 2-1). Sulfidimineraaleja ei havaittu XRD-menetelmällä. Prosessivaihtoehdon 2 matalarikkisen rikastushiekan SEM-EDX analyysissä todettiin hyvin pieniä pitoisuuksia magneettikiisua ja rikkikiisua ä (0,1 %). Lähde: Geochemic Ltd, 2020. Geochemical characterisation of metallurgical test work process tailings samples from the Sakatti Ni-Cu-PGE Deposit, Finland.

		Paino- %			
		Korkearikkinen rikastushiekka		Matalarikkinen rikastushiekka	
Mineraali	SEM-EDX -luokittelu	SEM	XRD	SEM	XRD
Magneettikiisu	$Fe_{(1-x)}S$ (x=0-0.17) (XRD:n perusteella valtaosin monokliininen)	43,3	31,6	0,1	*n.d*
Rikkikiisu	FeS_2	2,1	*n.d*	0,1	*n.d*
Pentlandiitti	$(Fe,Ni)_9S_8$	0,7	*n.d*	0,1	*n.d*
Kuparikiisu	$Cu FeS_2$	0,1	*n.d*	0,1	*n.d*
Karbonaatit	Pääasiassa dolomittia $CaMg(CO_3)_2$, hieman kalsiittia $CaC0_3$	1,4	*n.d*	1,9	2,3
Rautaoksidit	Ks. huomiot alla	19,6	21,6	0,5	*n.d*
Serpentiini	Pääasiassa antigoriittia $(Mg,Fe^{**})_3Si_2O_5(OH)_4$ vähän sepioliittia $Mg_4Si_60_{15}(0H)_{2*6}(H_2O)$ (SEM-EDX-arvio mahdollisesti alakanttiin hienosta partikkelikoosta johtuen)	13,5	8,2	34,6	20,0
Oliviini	$(Mg,Fe)_2SiO_4$ Pääasiassa fosteriittia	6,1	*n.d*	10,3	4,7
Ortopyrokseeni	Enstatiittia Mg_2Si_2O6 ja ferrosiittia $(Fe^{**},Mg)_2Si_2O_6$	4,8	*n.d*	14,8	*n.d*
Talkki	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ (mahdollisesti ei tunnistettu SEM-EDX:llä hienosta partikkelikoosta johtuen)	*n.d*	7,9	*n.d*	10,3
Kiillesaviryhmä	Pääasiassa kloriittia $(Mg,Fe^{**})_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$ (SEM-EDX-arvio mahdollisesti alakanttiin hienosta partikkelikoosta johtuen)	2,9	30,8	14	43,1
Amfiboli	Pääasiassa aktinoliittia $Ca_2(Mg,Fe^{**})_5Si_8O_{22}(OH)_2$ vähäinen määrä ferrogedriittiä $Fe^{**}{}_5Al_2Si_6Al_2O_{22}(OH)_2$	3.4	*n.d*	13,5	9,5
Klinopyrokseeni	Pääasiassa diopsidia $CaMgSi_20_6$, hieman hedenbergiittiä $CaFe^{**}Si_2O_6$	1,4	*n.d*	7,2	*n.d*
Maasälpäryhmä	Pääasiassa anortiittia $CaAl_2Si_2O_8$, hieman albiittia $NaAlSi_3O_8$	0,3	*n.d*	2,1	8,7
Muut mineraalit	Ks. huomiot alla	0,2	*n.d*	0,2	*n.d*
Kvartsi	SiO_2	0,1	*TR*	0,6	1,4

Rautaoksidit koostuu pääasiassa magnetiitista (määritetty XRD:llä), kromimagnetiista, hematiitista ja götiitistä.
Kiillesaviryhmä sisältää pieniä määriä magnesiumkloriittia ja biotiittia.
Muut mineraalit sisältävät ilmeniittiä, sulfaatteja, apatiittia, rutiilia ja wolfromiittia

n.d = ei tunnistettu
TR = hieman

Kuva 2-1. Prosessivaihtoehdon 2 matalarikkisen rikastushiekan (Low Sulfur Tailings) mineraloginen koostumus rajattu punaisella (SEM-EDX ja XRD-menetelmät). (Lähde: Geochemic Ltd, 2020).

Rikastusprosessin 2 matalarikkisestä rikastushiekasta oli arvioitu myös nikkelin ja kuparin jakautumista eri mineraaleihin (Taulukko 2-2). Kuparin oli arvioitu esiintyvän pääasiallisesti kuparikiisussa. XRD- menetelmissä kuparikiisua ei kuitenkaan havaittu johtuen matalasta pitoisuudesta ja menetelmän havaitsemisrajasta. Nikkelin kantajamineraaleina on pentlandiitti tai serpenttiini (Geochemic Ltd, 2020).

Taulukko 2-2. Kuparin (Cu), nikkelin (Ni) ja rikin (S) jakatuminen matalarikkisen rikastushiekan (prosessi 2) mineraaleihin. (Lähde: Geochemic Ltd, 2020)

Mineraali	Cu (ppm)	Ni (ppm)	S (%)
Magneettikiisu	0,0	4,4	0,025
Rikkikiisu	0,0	6,6	0,026
Pentlandiitti	0,0	367,8	0,036
Kalkopyriitti (kuparikiisu)	289,7	0,0	0,026
Serpenttiini	0,0	104,2	0,0
Kokonaispitoisuus (BMA)	289,7	483,0	0,11
Kokonaispitoisuus (alkuaineanalyysi)	468,0	1310,0	0,24

2.2 Hapontuotto

Rikastushiekan sulfidikoostumus vaikuttaa merkittävästi materiaalin geokemiallisiin ominaisuuksiin. Sulfidit voivat ajan myötä hapettua hapellisissa oloissa oksidi- tai hydroksidimineraaleiksi tuottaen rikkihappoa, mikä muuttaa merkittävästi alkuperäisiä geokemiallisia ominaisuuksia, esimerkiksi metallien liukoisuuden suhteen. Happamat olosuhteet (matala pH) edistää metallien liukenemista ja voi siten aiheuttaa epätoivottuja vaikutuksia kuten metallien kulkeutumista vesistöihin, biosaatavuuden lisääntymistä ja siten myös ekotoksisia vaikutuksia.

Matalarikkisten rikastushiekkojen (prosessivaihtoehdot 1 ja 2) potentiaalista hapontuottoa tutkittiin ns. ABA (Acid Base Accounting eli ns. happo-emäs laskennalla) ja NAG (Net Acid Generation eli nettohapontuotanto) menetelmillä (Taulukko 2-3 ja Taulukko 2–4). Molempien testien perusteella oli selkeää, että matalarikkisillä rikastushiekoilla ei ole hapontuottopotentiaalia johtuen ei-sulfidimineraalien neutralointivaikutuksesta. NAG-testissä (hapetus vetyperoksidilla) oli lisäksi mitattu loppuliuoksesta metallipitoisuuksia prosessivaihtoehdon 1 ja 2 rikastushiekoille (Taulukko 2-5).

Taulukko 2-3. Rikastushiekkojen ominaisuudet prosessivaihtoehdolle 1 ja 2. Lähteet: SRK, 2018 ja Geochemic Ltd. 2020.

Mineraali	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 1	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 2
Kokonaisrikki	0,32 %	0,24 %
Sulfidirikki	0,22 %	0,14 %
TOC (orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus)	0,11 %	0,01 %
TIC (epäorgaanisen hiilen kokonaispitoisuus)	0,29 %	0,57 %
AP (hapontuotto)	6,9 kg $CaCO_3$/t	7,5 kg $CaCO_3$/t
NP (neutralointipotentiaalin, titraamalla)	46 kg $CaCO_3$/t	87,8 kg $CaCO_3$/t
NP (neutralointipotentiaali, laskennallinen TIC-arvosta)	24,2 kg $CaCO_3$/t	47,5 kg $CaCO_3$/t
NPR (neutralointipotentiaali suhde NP/AP)	6,65	11,71
Hapontuottopotentiaali	ei happoa muodostava	ei happoa muodostava

Taulukko 2-4. Matalarikkisen rikastushiekan hapontuotto-ominaisuudet NAG-testissä prosessivaihtoehdoille 1 ja 2. Lähteet: SRK, 2018 ja Geochemic Ltd. 2020.

Parametri	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 1	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 2
NAG-pH	10,1	9,65
NAG (pH 4,5)	<0,01 kg H2SO4 ekv/t	0,00 kg H2SO4 ekv/t
NAG (pH 7,0)	<0,01 kg H2SO4 ekv/t	0,00 kg H2SO4 ekv/t
NAG kok.	<0,02 kg H2SO4 ekv/t	0,00 kg H2SO4 ekv/t

Taulukko 2-5. NAG-testin loppuliuoksen pH ja metallipitoisuudet prosessivaihtoehdossa 1 ja 2. Lähde: SRK, 2018 ja Geochemic Ltd. 2020. Tulokset on esitetty yksikössä mg/l, jota käytetään tarkasteltaessa metallien kulkeutumista kasveihin.

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 1	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 2
pH		8,77	9,65
hopea, Ag	mg/l	0,00002	0,0005
alumiini, Al	mg/l	0,10	<0,01
arseeni, As	mg/l	0,001	<0,0005
barium, Ba	mg/l	0,04	0,077
beryllium, Be	mg/l	<0,0001	-
vismutti, Bi	mg/l	<0,0001	<0,0001
kalsium, Ca	mg/l	5,21	13,3
kadmium, Cd	mg/l	<0,00001	<0,00008
koboltti, Co	mg/l	<0,0001	<0,0005
kromi, Cr	mg/l	0,12	0,133
kupari, Cu	mg/l	0,004	<0,0003
rauta, Fe	mg/l	0,06	0,0693
elohopea, Hg	mg/l	<0,00001	<0,00001
kalium, K	mg/l	6,70	15,7
litium, Li	mg/l	0,003	-
magnesium, Mg	mg/l	0,38	0,795
mangaani, Mn	mg/l	0,001	<0,003
molybdeeni, Mo	mg/l	0,002	<0,003
natrium, Na	mg/l	37,10	7,97
nikkeli, Ni	mg/l	0,002	0,00144
lyijy, Pb	mg/l	0,0002	<0,0002
rikki, S	mg/l	18	13,7
antimoni, Sb	mg/l	0,001	<0,001
seleeni, Se	mg/l	0,008	0,0065
tina, Sn	mg/l	0,0003	-
strontium, Sr	mg/l	0,021	0,0337
titaani, Ti	mg/l	<0,001	0,002
tallium, Tl	mg/l	0,0001	<0,002
uraani, U	mg/l	<0,00001	<0,0005
vanadiini, V	mg/l	0,002	<0,001
sinkki, Zn	mg/l	<0,003	<0,001

2.3 Rikastushiekkojen alkuaineiden kokonaispitoisuudet

Monimetallianalyysin perusteella prosessivaihtoehdon 1 matalarikkinen rikastushiekka koostuu erityisesti kalsiumista, magnesiumista, alumiinista ja raudasta. Prosessivaihtoehdon 2 kaikkia alkuaineita ei ollut määritetty. Analyysissä ei ole määritetty esimerkiksi hapen tai piin pitoisuuksia, jotka ovat mineralogisen koostumuksen perusteella varsinaisia pääkomponentteja. Nämä eivät kuitenkaan ole merkitseviä ympäristö- ja terveysvaikutusten arvioinnissa. Metallien kokonaispitoisuudet on määritetty ns. totaalipitoisuuksina nelihappouutolla, joka liuottaa mm. myös silikaatteihin sitoutuneet metallit, jotka ovat hyvin niukkaliukoisia. Silikaattien metallit eivät liukene esim. perinteiseen kuningasveteen.

Taulukko 2-6. Matalarikkisen rikastushiekan metallien kokonaispitoisuudet prosessivaihtoehdoille 1 ja 2 (neliha-ponhajotus, määritys ICP-OES/ICP-MS). Lähteet: SRK, 2018 ja Geochemic Ltd. 2020.

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 1	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 2
hopea, Ag	mg/kg	0,77	0,42
alumiini, Al	mg/kg	23 800	-
arseeni, As	mg/kg	1,30	1,00
barium, Ba	mg/kg	70,0	45,8
beryllium, Be	mg/kg	0,25	-
vismutti, Bi	mg/kg	0,73	0,21
kalsium, Ca	mg/kg	23 100	-
kadmium, Cd	mg/kg	0,20	0,12
cerium, Ce	mg/kg	7,03	-
koboltti, Co	mg/kg	57,7	59,2
kromi, Cr	mg/kg	3 780	1 450
cesium, Cs	mg/kg	0,36	-
kupari, Cu	mg/kg	559	468
rauta, Fe	mg/kg	88 300	-
germanium, Ge	mg/kg	-	<5
elohopea, Hg	mg/kg	0,01	0,01
kalium, K	mg/kg	1 200	-
magnesium, Mg	mg/kg	163 000	-
mangaani, Mn	mg/kg	1 110	-
litium, Li	mg/kg	-	7,90
molybdeeni, Mo	mg/kg	1,06	0,36
natirum, Na	mg/kg	5 200	-
nikkeli, Ni	mg/kg	1 500	1 310
fosfori, P	mg/kg	90,0	-
lyijy, Pb	mg/kg	18,3	4,80
renium, Re	mg/kg	0,01	0,002
rikki, S	mg/kg	3 100	-
antimoni, Sb	mg/kg	0,37	0,05
skandium, Sc	mg/kg	16,4	-
seleeni, Se	mg/kg	3,00	1,50
tina, Sn	mg/kg	1,20	2
strontium, Sr	mg/kg	43,5	30
telluuri, Te	mg/kg	0,62	0,33
torium, Th	mg/kg	0,60	0,43
titaani, Ti	mg/kg	2 190	-
tallium, Tl	mg/kg	0,14	0,06
uraani, U	mg/kg	0,20	0,15
vanadiini, V	mg/kg	108	37
volframi, W	mg/kg	2,7	1
sinkki, Zn	mg/kg	64,0	33,0

3. METALLIEN LIUKOISUUS MATALARIKKISESTÄ RIKASTUSHIEKASTA

Matalarikkisistä rikastushiekoista arvioitiin alkuaineiden liukoisuutta lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Lyhytaikaista liukoisuutta arvioitiin ravistelutestein (EN 12457-3 ja EN12457-4). Pidemmän aikavälin liukoisuutta tarkasteltiin mineraalien rapautumiseen perustuvalla analyysillä kosteuskammiotestillä (HCT Humidity Cell Testwork). Ravistelu- ja kosteuskammiotestien lisäksi metallien liukoisuutta analysoitiin rikastushiekan päältä dekantoidusta vesinäytteestä (vain prosessivaihtoehdon 2 rikastushiekan osalta). Dekanttivesinäyte on otettu siksi, että analyysistä voidaan arvioida erityisesti prosessiveden laatua. Dekanttivesinäytteen tulokset eivät niinkään kuvaa ympäristöön kohdistuvaa kaivosvesien laatua.

3.1 Matalarikkinen rikastushiekka: prosessivaihtoehto 1

Prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekalle on esitetty alkuaineiden liukoisuudet lyhyelle aikavälille 1-vaiheisella ravistelutestillä (Taulukko 3-1) ja pitkälle aikavälille kosteuskammiotestillä (Taulukko 3-2). Ravistelutestin perusteella haitallisten metallien pitoisuudet olivat hyvin pieniä. Kosteuskammiotestissä metallien pitoisuudet olivat ravistelutestiä suurempia (kuten nikkeli).

Kosteuskammiokokeiden (ASTM D 5744 – 13E1) suodosvesien pH oli välillä 7,2-8,4 ja liuenneiden ns. Ficklin metallien (Cd, Co, Cu, Pb, Ni, Zn) pitoisuus oli <0,1 mg/l. Ensimmäisellä viikolla Ni -liukoisuus oli 0,06 mg/l eli sisävesien ympäristönlaatunormia (AA-EQS 0,02 mg/l) suurempia. Kahdeksanviikon jälkeen pitoisuudet olivat <0,01 mg/l. Eli Kosteuskammiokokeiden tulosten perusteella metallit olivat niukkaliukoisia.

Taulukko 3-1. Prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekan 1-vaiheisen ravistelutestin tulokset (ravistelutesti 24 h, EN 12457-4, deionisoituvesi (1:10 S/L). Lähde: SRK, 2018.

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 1
pH	s.u.	7,81
hopea, Ag	mg/l	<0,001
alumiini, Al	mg/l	0,014
arseeni, As	mg/l	<0,001
boori, B	mg/l	0,013
barium, Ba	mg/l	0,071
beryllium, Be	mg/l	<0,0002
vismutti, Bi	mg/l	<0,001
kalsium, Ca	mg/l	21,8
kadmium, Cd	mg/l	<0,0005
koboltti, Co	mg/l	<0,0005
kromi, Cr	mg/l	0,007
kupari, Cu	mg/l	<0,001
rauta, Fe	mg/l	0,01
elohopea, Hg	mg/l	<0,00001
kalium, K	mg/l	7,21
litium, Li	mg/l	0,002
magnesium, Mg	mg/l	13
mangaani, Mn	mg/l	0,008
molybdeeni, Mo	mg/l	0,001
natrium, Na	mg/l	13,7
nikkeli, Ni	mg/l	0,004
fosfori, P	mg/l	<0,05
lyijy, Pb	mg/l	<0,001
antimoni, Sb	mg/l	<0,001
seleeni, Se	mg/l	0,001
tina, Sn	mg/l	<0,001
strontium, Sr	mg/l	0,095
titaani, Ti	mg/l	<0,005
tallium, Tl	mg/l	<0,005
vanadiini, V	mg/l	<0,005
sinkki, Zn	mg/l	0,006

Taulukko 3-2. Prosessivaihtoehdon 1 matalarikkisen rikastushiekan alkuainepitoisuudet (mg/l) kosteuskammio-testissä (HCT) (24 vk) Lähde: FCG YVA 2020, s.144 taulukko 4-24.

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 1
sähkönjohtavuus	µS/cm	3280
pH	s,u,	8,1
sulfaatti	mg/l	657
rikki	mg/l	471
hopea, Ag	mg/l	<0,001
alumiini, Al	mg/l	<0,002
arseeni, As	mg/l	0,001
boori, B	mg/l	<0,005
barium, Ba	mg/l	0,02
beryllium, Be	mg/l	<0,0001
vismutti. Bi	mg/l	<0,0001
kalsium, Ca	mg/l	123
kadmium, Cd	mg/l	<0,0001
koboltti, Co	mg/l	0,005
kromi, Cr	mg/l	<0,001
kupari, Cu	mg/l	0,002
rauta, Fe	mg/l	0,02
elohopea, Hg	mg/l	<0,00001
kalium, K	mg/l	86,8
litium, Li	mg/l	0,02
magnesium, Mg	mg/l	256
mangaani, Mn	mg/l	0,32
molybdeeni, Mo	mg/l	0,003
natrium, Na	mg/l	376
nikkeli, Ni	mg/l	0,18
fosfori, P	mg/l	0,044
lyijy, Pb	mg/l	<0,0002
antimoni, Sb	mg/l	0,001
seleeni, Se	mg/l	0,01
pii, Si	mg/l	2,51
strontium, Sr	mg/l	0,51
tallium, Tl	mg/l	<0,002
uraani, U	mg/l	<0,001
vanadiini, V	mg/l	<0,001
volframi W	mg/l	0,001
sinkki, Zn	mg/l	0,017

3.2 Matalarikkinen rikastushiekka: prosessivaihtoehto 2

Prosessivaihtoehdon 2 matalarikkisen rikastushiekan liukoisuustestien tulokset on esitetty taulukossa 3-3. Tuloksia on esitetty rikastushiekkasuspensiosta suodatetulle vedelle (dekanttivesi), ja lyhyen aikavälin liukoisuutta kuvaavalle 2-vaiheiselle ravistelutestin eri vaiheille (S1: L/S 2 ja S2: L/S 8 sekä niiden kumulatiiviselle pitoisuudelle Sum L/S 10). Lisäksi alkuainepitoisuudet oli esitetty NAG-pH testin liuoksille.

Taulukko 3-3. Prosessivaihtoehdon 2 matalarikkisen rikastushiekan dekanttiveden, 2-vaiheisen ravistelutestin ja NAG-testin liukoisuustuloksia.

		Matalarikkinen rikastushiekka (LST)					
Analyytti	Yksikkö	Dekantti-vesi	EN12457-3 (S1)	EN12457-3 (S2)	Summa EN12457-3	NAG, ennen re-aktiota	NAG, re-aktion jäl-keen
Nesteen ja kiinteän aineen suhde		0,312	2	8	10	100	100
pH		8,84	9,05	9,2		8,79	9,65
Sähkön-johtavuus	uS/cm @ 25°C	2658	638	183		536	196
Alkaliniteetti pH 8.3:een	mg/l $CaCO_3$	8,5	5,5	2,5			
Alkaliniteetti pH 4,5:een (yhteensä)	mg/l $CaCO_3$	224	104	41,5			
pH H_2O_2 lisäyksen jälkeen (a)		3,04	3,42	3,74			
Titraus pH 4,5:een	mg/l $CaCO_3$	56	19	8			
Titraus pH 8,3:een (yhteensä)	mg/l $CaCO_3$	80	37	22			
Netto-happamuus (a)	mg/l $CaCO_3$	-144	-67	-20			
Kloridi	mg/kg	74,256	62,6	18,48	81,08		
Sulfaattirikki	mg/kg	76,752	98,6	74,4	173		
Kokonaisrikki	mg/kg	112,632	125	132,8	257,8	1070	1370
Ei-sulfaattinen rikki	mg/kg	35,88	26,4	58,4	84,8		
Natrium	mg/kg	101,4	185,8	90,4	276,2	665	797
Magnesium	mg/kg	21,996	31	42,72	73,72	4000	79,5
Kalium	mg/kg	19,5936	45,8	83,2	129	1250	1570
Kalsium	mg/kg	3,1512	15,98	65,36	81,34	3930	1330
Rauta	mg/kg	*<0,005928*	*<0,038*	*<0,152*	*<0,19*	*<1,9*	6,93
Alumiini	µg/kg	*<3,12*	*<20*	*<80*	*<100*	*<1000*	*<1000*
Arseeni	µg/kg	*<0,156*	*<1*	*<4*	*<5*	*<50*	*<50*
Vismutti	µg/kg	*<0,0312*	*<0,2*	*<0,8*	*<1*	*<10*	*<10*
Kadmium	µg/kg	*<0,02496*	*<0,16*	*<0,64*	*<0,8*	*<8*	*<8*
Kromi	µg/kg	*<0,312*	*<2*	*<8*	*<10*	10800	13300
Koboltti	µg/kg	0,168168	*<1*	*<4*	*<5*	*<50*	*<50*
Kupari	µg/kg	*<0,0936*	*<0,6*	*<2,4*	*<3*	531	*<30*
Lyijy	µg/kg	<0,0624	*<0,4*	*<1,6*	*<2*	30,7	*<20*
Mangaani	µg/kg	*2,46792*	*<6*	*<24*	*<30*	6010	*<300*
Elohopea	µg/kg	*<0,00312*	*<0,02*	*<0,08*	*<0,1*	*<1*	*<1*
Nikkeli	µg/kg	15,0072	8,04	46,8	54,84	567	144
Fosfori	µg/kg	248,352	220	120,8	340,8	*<1000*	*<1000*
Seleeni	µg/kg	2,07792	4,18	9,04	13,22	436	653
Hopea	µg/kg	*<0,156*	*<1*	*<4*	*<5*		<50
Titaani	µg/kg	1,326	3,08	*<8*	*<11,08*	206	204
Vanadiini	µg/kg	*<0,312*	*<2*	*<8*	*<10*	*<1090*	*<100*
Sinkki	µg/kg	*<0,312*	*<2*	*<8*	*<10*	*<100*	*<100*

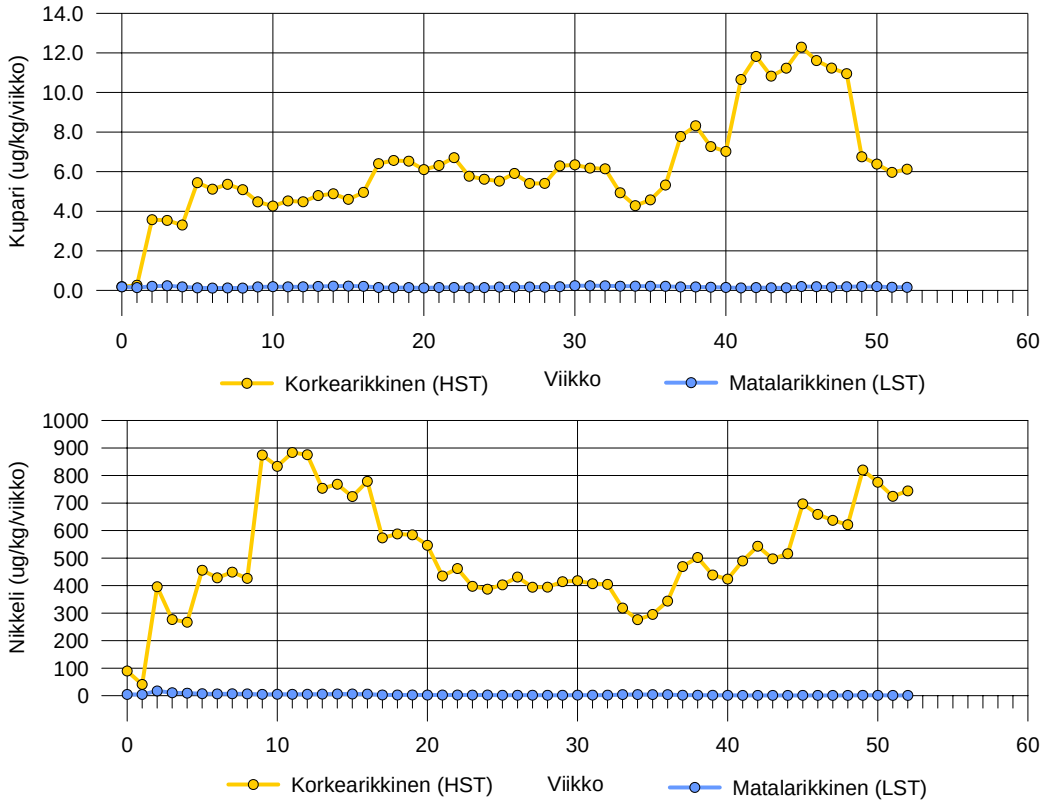
<Arvo alle määritysrajan

(a) Happamuus määritettiin titraamalla pH -arvoon 4, jonka jälkeen vetyperoksidia lisättiin näytteeseen. Nettohappamuus on laskettu seuraavasti: Nettohappamuus = kokonaishappamuus-kokonaisemäksisyys. Negatiivinen arvo osoittaa, että näyte on nettoemäksinen, kun taas positiivinen arvo osoittaa, että näyte on nettohapan. Neutraaleissa pH -olosuhteissa tämä osoittaa huomattavaa määrää tiosuoloja.

Dekanttivesi ei edusta minkään kaivannaisjätealueen veden laatua, sillä prosessivesi on vain yksi jätealueiden vesien laatuun vaikuttavista tekijöistä, tämä tulee huomioida tuloksia tarkasteltaessa. Rikastuskokeen vesikierto, josta dekanttivesinäyte otettiin, ei ollut täydellinen. Lisäksi näytettä oli säilytetty useita kuukausia ennen dekanttiveden analyysiä.

Ravistelutestillä tutkittiin lyhyen aikavälin aineiden liukoisuuksia. Tulosten perusteella useimpien aineiden ja yhdisteiden liukoisuudet olivat alle määritysrajan, kuten kuparin. Metalleista nikkelin liukoisuus oli yli määritysrajojen ja nikkelin liukoisuus kasvoi testin toisessa vaiheessa. Fosforin liukoisuus sen sijaan väheni testin toisessa vaiheessa. Prosessikemikaalit ovat keskeinen fosforin lähde (Afry 2023).

Pidemmän aikavälin liukoisuutta tarkasteltiin kosteuskammiokokeilla (HCT, Humidity Cell Testwork) analyysilla (Kuva 3-1). Tulokset on esitetty kuparille ja nikkelille kuvassa 3-1. Yleensä testiaika on kokonaisuudessaan vähintään 20 viikkoa, tässä tapauksessa testi jatkui 54 viikkoa.



Kuva 3-1. HCT-testin tulokset prosessille 2: keltainen =korkearikkinen rikastushiekka ja sininen= tässä työssä tarkasteltava matalarikkinen rikastushiekka. Lähde: Afry 2023 Yhteenveto kaivannaisjätteiden karakterisoinnista sekä kaivosalueen vesien laatuarvioinnista (101017183-001, 10.2.2023), jossa viittaus raporttiin Geochemic Ltd. 2021a. Humidity Cell Testing: ASTM D 5744-18, Wales (UK).

Kosteuskammiokokeiden perusteella prosessivaihtoehdon 2 matalarikkisen rikastushiekan pH on pysynyt suhteellisen tasaisena (n. välillä 8–8,5) koko kokeen ajan. Suodosten happamoitumispotentiaali on varmistettu ja todettu että matalarikkisen rikastushiekan suodoksessa puskurikapasiteettia on riittävästi tiosuolojen hapettumisesta johtuvan happamuuden neutralointiin. (Lähde Afry 2023)

Matalarikkisen rikastushiekan sähkönjohtavuus on pysynyt suhteellisen tasaisena. Nikkelin liukeneminen matalarikkisestä rikastushiekasta on ollut hyvin vähäistä, enintään 17 µg/kg/viikko, koko kokeen ajan. Vähäinen nikkelin liukeneminen voi johtua rikastushiekan matalasta rikkipitoisuudesta (Afry 2023). Kuparin liukeneminen on ollut nikkelin liukoisuutta vähäisempää.

4. PÖLYN RASKASMETALLIPITOISUUDET SUHTEUTETTUNA MAAPERÄÄN

Matalarikkisen rikastushiekan metallipitoisuuksia tarkasteltiin suhteessa maaperän pilaantuneisuuteen (Taulukko 4-1). Viitearvoina sovelletaan asetusta maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arvioinnista (214/2007).

- Kynnysarvo tarkoittaa pitoisuutta, jonka ylittyessä maaperän pilaantuneisuus ja kunnostustarve on arvioitava. Jos kaivettuja maita hyödynnetään kaivukohteessa, tarvitaan siihen Ympäristönsuojeluasetuksen 25 § mukainen suunnitelma.
- Alempi ohjearvo on pitoisuus, jonka ylittyessä maaperää pidetään yleensä pilaantuneena, ellei aluetta käytetä teollisuus-, varasto- tai liikennealueena tai muuna vastaavana (tai ellei kohdekohtaisella riskinarvioinnilla ole toisin osoitettu). Jos kaivetussa maa-aineksessa ylittyy alempi ohjearvo, ei maita voi pääsääntöisesti sijoittaa maankaatopaikalle, vaan ne on käsiteltävä pilaantuneena maana. Pilaantuneen maan kaivamiseksi ja käsittelemiseksi on tehtävä ilmoitus pilaantuneen maan puhdistamisesta tai haettava ympäristölupa.
- Ylempi ohjearvo on pitoisuus, jonka ylittyessä maaperää pidetään pilaantuneena alueella, jota käytetään teollisuus-, varasto-, tai liikennealueena tai vastaavana (tai ellei kohdekohtaisella riskinarvioinnilla ole toisin osoitettu).
- Vaarallisen jätteen raja-arvo perustuu Suomen ympäristökeskuksen ympäristöoppaassa 98/2002 esitettyihin ongelmajätteen raja-arvoihin. Vaarallisen jätteen raja-arvon ylittyminen ei tarkoita, että kaivettuna ko. maa-aines olisi automaattisesti vaarallista jätettä, vaan lopullinen luokittelu perustuu haittaominaisuuksiin.

Monimetallianalyysin (nelihappouutto) perusteella rikastushiekan kromin, kuparin ja nikkelin taustapitoisuudet poikkeavat merkittävästi alueen taustapitoisuuksia. Pitoisuudet ovat korkeita ja ylittävät maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa käytettävät ylemmät ohjearvot (Taulukko 4-1) sekä jätteen luokittelussa vaaralliseksi jätteeksi käytettävät pitoisuusraja-arvot (Taulukko 4-2). Jatkotarkastelu tehdään tarkastelun perusteella kromille, kuparille ja nikkelille.

Taulukko 4-1. Matalarikkisen rikastushiekan, prosessi 1 ja 2, monimetallianalyysin tulokset (nelihappouutto) suhteutettuna maaperän pilaantuneisuuden arviointiin käytettyihin viitearvoihin. Lisäksi taulukossa on esitetty moreenin suurimmat sallitut taustapitoisuudet (SSTP) Sakatin kaivosalueilla, 15 km etäisyydellä Sakatin esiintymästä (GTK 2020.)

	Matalarikkinen rikastushiekka		Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (VNa 214/2007)			SSTP (GTK*)
Parametri	Prosessi-vaihtoehto 1	Prosessi-vaihtoehto 2	Kynnysarvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
hopea, Ag	0,77	0,42				
alumiini, Al	23 800					
arseeni, As	1,30	1,00	5	50	100	
barium, Ba	70	45,8				80
beryllium, Be	0,25					0,39
vismutti, Bi	0,73	0,21				
kalsium, Ca	23 100					
kadmium, Cd	0,20	0,12	1	10	20	
cerium, Ce	7,03					
kobolti, Co	57,7	59,2	20	100	250	28
kromi, Cr	3 780	1 450	100	200	300	260
cesium, Cs	0,36					
kupari, Cu	559	468	100	150	200	80
rauta, Fe	88 300					
germanium, Ge		<5				
elohopea, Hg	0,01	0,01	0,5	2	5	
kalium, K	1 200					
magnesium, Mg	163 000					
mangaani, Mn	1 110					
litium, Li		7,90				
molybdeeni, Mo	1,06	0,36				0,62
natrium, Na	5 200					
nikkeli, Ni	1 500	1 310	50	100	150	150
fosfori, P	90					
lyijy, Pb	18,3	4,80	60	200	750	
renium, Re	0,01	0,00				
rikki, S	3 100					
antimoni, Sb	0,37	0,05	2	10	50	
skandium, Sc	16,4					
seleeni, Se	3,00	1,50				0,62
tina, Sn	1,20	2				0,44
strontium, Sr	43,5	30				
telluuri, Te	0,62	0,33				
torium, Th	0,60	0,43				
titaani, Ti	2 190					1149
tallium, Tl	0,14	0,06				0,1
uraani, U	0,20	0,15				
vanadiini, V	108	37	100	150	250	
volframi, W	2,70	1				
sinkki, Zn	64,0	33	200	250	400	

*SSTP (suurin suositeltu taustapitoisuus arvo) laskettuna 25. ja 75, persentiilin avulla: SSTP = $P7_5$ + 1,5 x (P_{75} – P_{25}). SSTP-arvon laskenta perustuu SFS-ISO-standardiin 19258.

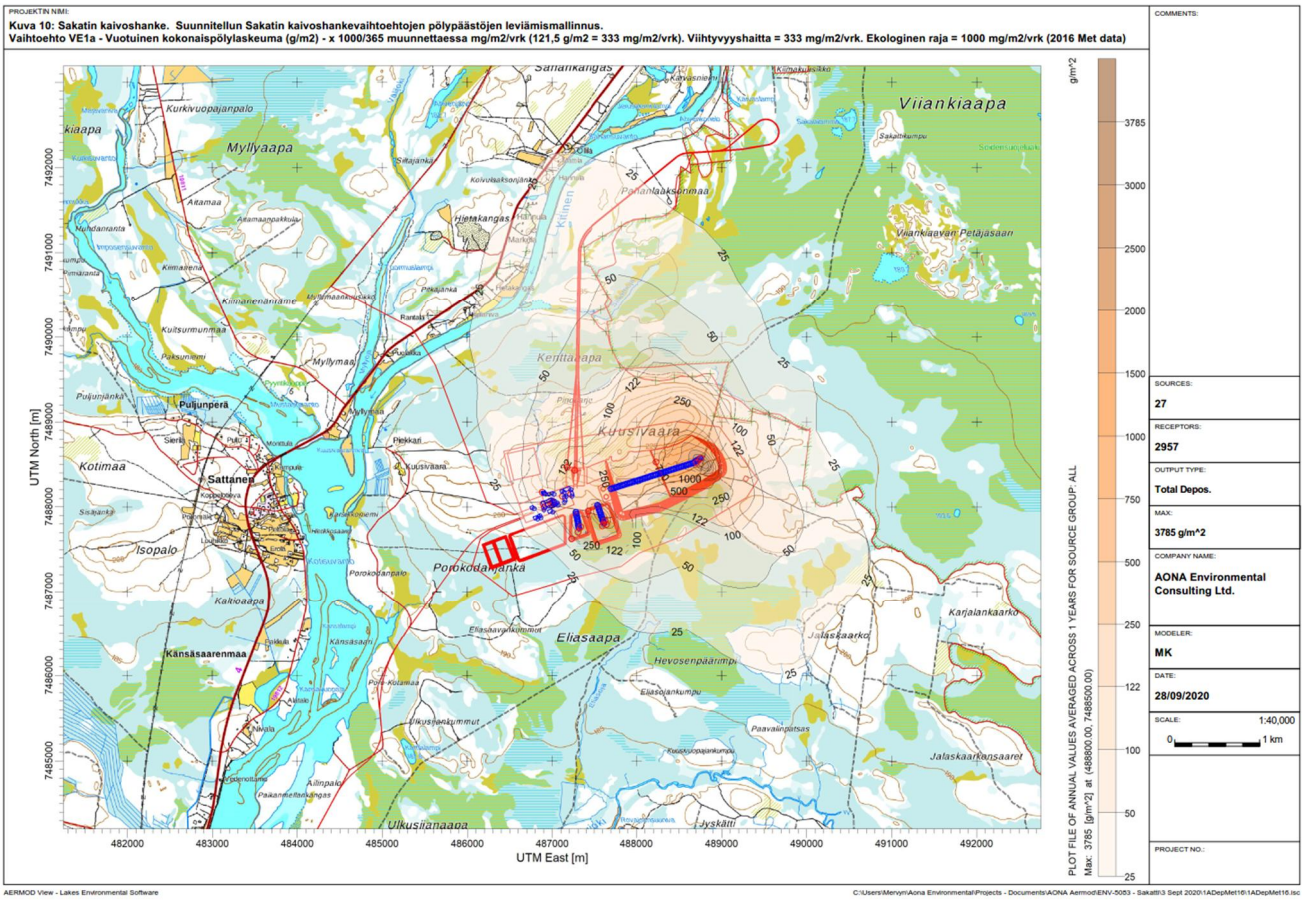
Taulukko 4-2. Matalarikkisen rikastushiekan, prosessi 1 ja 2, monimetallianalyysin tulokset (nelihappouutto) suhteutettuna vaarallisen jätteen luokittelussa käytettäviin pitoisuusraja-arvoihin. Cut-off arvo tarkoittaa arvoa, jonka ylittyessä pitoisuus tulee ottaa huomioon jätteen vaarallisuutta arvioitaessa. Pienin sovellettava arvo on taso, jolla jätteellä tunnistetaan olevan jokin vaaraominaisuus, metallien osalta tulee kuitenkin huomioida metallien olomuodot.

	Matalarikkinen rikastushiekka		Vaarallisen jätteen luokitus (YM 2019:2)*	
Parametri	Prosessivaihtoehto 1	Prosessivaihtoehto 2	Vaarallisen jätteen raja-arvo yhteisvaikutuksien arviointiin (ns. cut-off-arvo)	Pienin sovellettava vaarallisen jätteen pitoisuusarvo
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
hopea, Ag	0,77	0,42		
alumiini, Al	23 800			
arseeni, As	1,30	1,00	1 000	2 500
barium, Ba	70	45,8		
beryllium, Be	0,25			
vismutti, Bi	0,73	0,21		
kalsium, Ca	23 100			
kadmium, Cd	0,20	0,12	1 000	2 500
cerium, Ce	7,03			
koboltti, Co	57,7	59,2	380	380
kromi, Cr	3 780	1 450	1 000	1 000
cesium, Cs	0,36			
kupari, Cu	559	468	400	1 000
rauta, Fe	88 300			
germanium, Ge		<5		
elohopea, Hg	0,01	0,01	1 000	2 500
kalium, K	1 200			
magnesium, Mg	163 000			
mangaani, Mn	1 110			
litium, Li		7,90		
molybdeeni, Mo	1,06	0,36		
natrium, Na	5 200			
nikkeli, Ni	1 500	1 310	380	380
fosfori, P	90			
lyijy, Pb	18,3	4,80	1 000	2 500
renium, Re	0,01	0,00		
rikki, S	3 100			
antimoni, Sb	0,37	0,05	10 000	25 000
skandium, Sc	16,4			
seleeni, Se	3,00	1,50		
tina, Sn	1,20	2		
strontium, Sr	43,5	30		
telluuri, Te	0,62	0,33		
torium, Th	0,60	0,43		
titaani, Ti	2 190			
tallium, Tl	0,14	0,06		
uraani, U	0,20	0,15		
vanadiini, V	108	37	5 600	5 600
volframi, W	2,70	1		
sinkki, Zn	64,0	33	400	1 000

* Ympäristöministeriön julkaisuja, 2019 (2019:2). Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas.

5. PÖLYN LASKEUTUMISALUEET

Porojen sekundäärisiä vaikutuksia arvioivassa työssä lähtöaineistona toimii aiemmin toteutettu pölymallinnus (AONA Environmental Ltd., 2020). Pölymallissa on esitetty kokonaislaskeuma vuosikeskiarvona (g/m^2/a). Poroja koskeva vaikutusarvio toteutetaan pölyn laskeuma-alueille YVA:n vaihtoehdossa VE1a (Kuva 5-1). Hengitysteitse tapahtuvaa altistumista on arvioitu aiemmassa pölymalliraportissa (YVA-selostus, liite 12 Aona Environmental 2020), joten pienhiukkasten mukana tapahtuvaa altistumista hengitysteitse ei arvioida tässä työssä. Arvioinnin kohteena on sen sijaan laskeuman kautta mahdollisesti aiheutuvat sekundääriset vaikutukset.



Kuva 5-1. Pölyn laskeuma-alueet.

5.1 Vuosittainen haitta-ainelaskeuma pölyn mukana

Pölymallissa (AONA Environmental Ltd., 2020) esitettyjen kokonaisvuosilaskeuma-arvojen (g/m^2) perusteella on laskettu, kuinka paljon rikastushiekasta vapautuisi teoreettisesti vuoden aikana eri metalleja (mg/m^2). Matalarikkisen rikastushiekan pölylaskeuman aiheuttama metallien kokonaiskuormitus vuodessa (mg/m^2) laskettiin metallipitoisuuksien perusteella (vuosilaskeuma g/m^2: 1000 x metallin pitoisuus mg/kg) prosessivaihtoehdolle 1 (Taulukko 5-1) ja prosessivaihtoehdolle 2 (Taulukko 5-2). Laskenta tehtiin alueille, joissa kokonaispölylaskeuma vuodessa oli 1000–25 g/m^2. Poroja mahdollisesti koskeva laskeuma-alue käsittää ainoastaan kokonaisvuosilaskeuma-alueet 0–100 g/m^2 (Kuva 5-1).

Taulukko 5-1. Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 1: pölyn mukana kulkeutuva metallien vuosilaskeuma (mg/m²) erilaisille kuormitusalueille (kokonaislaskeuma-alueet 1000–25 g/m²).

Parametri	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihto-ehto 1 (mg/kg)	Vuosilaskeuma yksittäisille metalleille (mg/m2)							
		Kokonaisvuosilaskeuma alueet (g/m2)							
		1000	700	500	250	122	100	50	25
hopea, Ag	0,77	0,77	0,54	0,39	0,19	0,09	0,08	0,04	0,02
alumiini, Al	23 800	23 800	16 660	11 900	5 950	2 904	2 380	1 190	595
arseeni, As	1,30	1,30	0,91	0,65	0,33	0,16	0,13	0,07	0,03
barium, Ba	70	70	49	35	18	8,5	7,0	3,5	1,8
beryllium, Be	0,25	0,25	0,18	0,13	0,06	0,03	0,03	0,01	0,01
vismutti, Bi	0,73	0,73	0,51	0,37	0,18	0,09	0,07	0,04	0,02
kalsium, Ca	23 100	23 100	16 170	11 550	5 775	2 818	2 310	1 155	578
kadmium, Cd	0,20	0,20	0,14	0,10	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01
cerium, Ce	7,03	7,03	4,92	3,52	1,76	0,86	0,70	0,35	0,18
koboltti, Co	57,7	58	40	29	14	7,0	5,8	2,9	1,4
kromi, Cr	3 780	3 780	2 646	1 890	945	461	378	189	95
cesium, Cs	0,36	0,36	0,25	0,18	0,09	0,04	0,04	0,02	0,01
kupari, Cu	559	559	391	280	140	68	56	28	14
rauta, Fe	88 300	88 300	61 810	44 150	22 075	10 773	8 830	4 415	2 208
elohopea, Hg	0,01	0,010	0,007	0,005	0,003	0,001	0,001	0,001	0,0003
kalium, K	1 200	1 200	840	600	300	146	120	60	30
magnesium, Mg	163 000	163 000	114 100	81 500	40 750	19 886	16 300	8 150	4 075
mangaani, Mn	1 110	1 110	777	555	278	135	111	56	28
molybdeeni, Mo	1,06	1,06	0,74	0,53	0,27	0,13	0,11	0,05	0,03
natrium, Na	5 200	5 200	3 640	2 600	1 300	634	520	260	130
nikkeli, Ni	1 500	1 500	1 050	750	375	183	150	75	38
fosfori, P	90	90	63	45	23	11	9,0	4,5	2,3
lyijy, Pb	18,3	18,30	12,81	9,15	4,58	2,23	1,83	0,92	0,46
renium, Re	0,01	0,010	0,007	0,005	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000
rikki, S	3 100	3 100	2 170	1 550	775	378	310	155	78
antimoni, Sb	0,37	0,37	0,26	0,19	0,09	0,05	0,04	0,02	0,01
skandium, Sc	16,4	16	11	8,2	4,1	2,0	1,6	0,82	0,41
seleeni, Se	3,00	3,00	2,10	1,50	0,75	0,37	0,30	0,15	0,08
tina, Sn	1,20	1,20	0,84	0,60	0,30	0,15	0,12	0,06	0,03
strontium, Sr	43,5	43,50	30,45	21,75	10,88	5,31	4,35	2,18	1,09
telluuri, Te	0,62	0,62	0,43	0,31	0,16	0,08	0,06	0,03	0,02
torium, Th	0,60	0,60	0,42	0,30	0,15	0,07	0,06	0,03	0,02
titaani, Ti	2 190	2 190	1 533	1 095	548	267	219	110	55
tallium, Tl	0,14	0,14	0,10	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00
uraani, U	0,20	0,20	0,14	0,10	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01
vanadiini, V	108	108	76	54	27	13	11	5,4	2,7
volframi, W	2,7	2,70	1,89	1,35	0,68	0,33	0,27	0,14	0,07
sinkki, Zn	64	64	45	32	16	7,8	6,4	3,2	1,6

Taulukko 5-2. Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 2: pölyn mukana kulkeutuva metallien vuosilaskeuma (mg/m²) erilaisille kuormitusalueille (kokonaislaskeuma-alueet 1000–25 g/m²).

Parametri	Matalarikkinen rikastushiekka, prosessivaihtoehto 2 (mg/kg)	Vuosilaskeuma yksittäisille metalleille(mg/m2)							
		Kokonaisvuosilaskeuma alueet, g/m2							
		1000	700	500	250	122	100	50	25
hopea, Ag	0,42	0,42	0,29	0,21	0,11	0,05	0,04	0,02	0,01
alumiini, Al	-								
arseeni, As	1	1,00	0,70	0,50	0,25	0,12	0,10	0,05	0,03
barium, Ba	45,8	46	32	23	11	5,6	4,6	2,3	1,1
beryllium, Be	-								
vismutti, Bi	0,21	0,21	0,15	0,11	0,053	0,026	0,021	0,011	0,005
kalsium, Ca	-								
kadmium, Cd	0,12	0,12	0,08	0,06	0,03	0,015	0,012	0,006	0,003
cerium, Ce	-								
koboltti, Co	59,2	59	41	30	15	7,2	5,9	3,0	1,5
kromi, Cr	1450	1 450	1 015	725	363	177	145	73	36
cesium, Cs	-								
kupari, Cu	468	468	328	234	117	57	47	23	12
rauta, Fe	-								
germanium, Ge	<5								
elohopea, Hg	0,01	0,010	0,007	0,005	0,003	0,0012	0,0010	0,0005	0,0003
kalium, K	-								
magenisum, Mg	-								
mangaani, Mn	-								
litium, Li	7,9	7,9	5,5	4,0	2,0	0,96	0,79	0,40	0,20
molybdeeni, Mo	0,36	0,36	0,25	0,18	0,09	0,04	0,04	0,02	0,01
natrium, Na	-								
nikkeli, Ni	1310	1 310	917	655	328	160	131	66	33
fosfori, P	-								
lyijy, Pb	4,8	4,8	3,4	2,4	1,2	0,59	0,48	0,24	0,12
renium, Re	0								
rikki, S	-								
antimoni, Sb	0,05	0,05	0,04	0,03	0,0125	0,0061	0,0050	0,0025	0,0013
skandium, Sc	-								
seleeni, Se	1,5	1,5	1,1	0,75	0,38	0,18	0,15	0,08	0,04
tina, Sn	2	2,0	1,4	1,0	0,50	0,24	0,20	0,10	0,05
stronitum, Sr	30	30	21	15	7,5	3,7	3,0	1,5	0,75
telluuri, Te	0,33	0,33	0,23	0,17	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01
torium, Th	0,43	0,43	0,30	0,22	0,11	0,05	0,04	0,02	0,01
titaani, Ti	-								
tallium, Tl	0,06	0,06	0,04	0,03	0,02	0,007	0,006	0,003	0,002
uraani, U	0,15	0,15	0,11	0,08	0,04	0,018	0,015	0,008	0,004
vanadiini, V	37	37	26	19	9,3	4,5	3,7	1,9	0,93
volframi, W	1	1,0	0,70	0,50	0,25	0,12	0,10	0,05	0,03
sinkki, Zn	33	33	23	17	8,3	4,0	3,3	1,7	0,83

Suunnitellun Sakatin kaivoksen lähikiinteistöille, jotka sijaitsevat suurimman vaikutusten alueella, oli esitetty pölymallinnusraportissa (AONA Environmental Ltd. 2020) PM_{10} pitoisuudet arseenille, kadmiumille ja nikkelille (µg/m^3). Pitoisuudet olivat ilmanlaatuasetuksen (VNa 79/2017) viitearvoja pienempiä, eli sallittuja pitoisuuksia pienempiä (Taulukko 5-3). Viitearvoperusteisesti pienhiukkasten kautta tapahtuva altistuminen ei ole haitallisella tasolla.

Taulukko 5-3. AONA Environmental Ltd:n (2020) arvio raskasmetallien vaikutuksista häiriintyvillä kiinteistöillä. Arviot perustuvat PM10 pitoisuuksiin kaikista leviämismallin lähteistä.

Vaihtoehto	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b	Raja-arvo
Yksikkö	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3
Arseeni	0,0021	0,0013	0,0061	0,002	0,0062	0,0034	6
Kadmium	0,0003	0,0002	0,0009	0,0003	0,0010	0,0005	5
Nikkeli	2,37	1,52	7,07	2,27	7,19	3,92	20

Pölyn laskeutumis- ja leviämismallissa on käytetty olettamusta, jonka mukaan yli 10 % hiukkasista ovat halkaisijaltaan >10 µm (AONA Environmental Ltd., 2020). Arvio hienoaineksen jakautumisesta eri massaosuuksiin ja niiden hiukkastiheydestä on esitetty taulukossa 5-4. Hienoaineksen partikkelikokojakauma ei perustu laboratoriotutkimuksiin.

Taulukko 5-4. Pölyn laskeutumis- ja leviämismallissa on käytetty olettamusta, jonka mukaan 10 % tai yli leviävistä hiukkasista ovat halkaisijaltaan >10 µm ja massaosuudeltaan ja hiukkastiheydeltään seuraavat:

Hiukkasen halkaisija (µm)	Massaosuus (0-1)	Hiukkastiheys (g/cm^3)
1	0,05	1,7
10	0,25	1,7
50	0,35	1,7
100	0,35	1,7

6. KROMIN, KUPARIN JA NIKKELIN YMPÄRISTÖKEMIA

Kromi on redox-sensitiivinen alkuaine, joka voi esiintyä ympäristössä hapetusasteella +III ja +IV. Liukoisiin esiintymismuotoihin lukeutuu mm. $CrOH_2^+$, CrO_4^{2-}, $HCrO_4^-$, $HCrO_3^{2-}$, $Cr(OH)_4^-$, $Cr(CO_3)_3^{3-}$ spesiekset. Kuudenarvoinen kromi esiintyy pääsääntöisesti oksianionina: CrO_4^{2-}, $HCrO_4$. Kolmenarvoisena liukoinen kromi esiintyy kationimuotoisena $CrOH_2^+$ tai Cr^{3+}. Kolmenarvoinen kromi on suomalaisessa maaperässä yleensä hyvin niukkaliukoinen (saostuu tai pidättyy voimakkaasti kolmearvoisena metallikationina). Kuudenarvoinen kromaatti on yleensä liukoisempi, vaikka pidättyykin ns. ligandin vaihtomekanismilla erityisesti rautaoksidien tai -hydroksien pinnoille. Epäorgaanisten olomuotojen lisäksi kromia esiintyy orgaanisina yhdisteinä. Pidättyminen orgaaniseen ainekseen yleensä vähentää kromin liukoisuutta, mutta osa orgaanisista kromiyhdisteitä voi esiintyä myös liukoisena.

Nikkeli esiintyy ympäristössä hapetusasteella +II. Liukoisia esiintymismuotoja on kationit Ni^{2+}, $NiOH^+$, $NiHCO_3^+$, ja anionit: $HNiO^{2-}$, $Ni(OH)_3^-$. Maaperässä nikkeli on hieman liukoinen, mutta pidättyy mm. rauta – ja mangaani(hydr)oksidien pintoihin, sekä orgaaniseen ainekseen. Kasvien otto voi tapahtua mahdollisesti orgaanisten kelaattien muodossa.

Kupari esiintyy ympäristössä niukkaliukoisena hapetusasteella +II. Sen liukoisuutta maassa säätelee pidättyminen orgaanisen ainekseen tai kerasaostuminen muiden mineraalien, kuten rauta(hydr)oksidien kanssa. Kuparikationi Cu^{2+} pidättyy myös savimineraalien kationinvaihtopinnoille. Maan huokosvedessä tavattuja esiintymismuotoja on kationiset Cu^{2+}, $CuOH^+$, $Cu_2(OH)_2^{2+}$ ja

anioniset $Cu(OH)_3^-$, $Cu(OH)_4^{2-}$ ja $Cu(CO3)_2$. Kationiset muodot ovat vallitsevia tavanomaisissa ympäristöolosuhteissa.

7. METALLIEN LIUKOISUUS SUHTEESSA YMPÄRISTÖN VIITEARVOIHIN

Rikastushiekkojen liukoisuudet veteen (mg/l) ja ekologiset viitearvot sisävesille on esitetty alla (Taulukko 7-1). Matalarikkinen rikastushiekka on luokiteltu ei-happoa tuottavaksi molemmille prosessivaihtoehdoille. Tämän perusteella pölyllä ei ole sulfidien hapettumisesta aiheutuvaa happovaikutusta. Liukoisuustesteissä oli havaittu liukoista ei-sulfaattimuotoista rikkiä, jonka arvioitiin olevan mahdollisesti tiosuoloja. Teoriassa tiosuolayhdisteet voivat muodostaa hapettuessaan happoa. Matalarikkisen rikastushiekan osalta tiosuolojen happamoitavaa vaikutusta ei kuitenkaan pidetä merkittävänä, sillä ei-sulfaattimuotoisen liukoisen rikin pitoisuudet olivat suhteellisen matalat, ja materiaalin haponneutralointikyky kokonaisuudessaan korkea. Rikastushiekkojen kanssa reagoinut vesi ei ollut hapanta. Sen sijaan matalarikkisten rikastushiekkojen pH osoittautui emäksiseksi ravistelutestissä.

Matalarikkisen rikastushiekan metallien liukoisuudet ravistelutestissä olivat vähäisiä suhteessa sisävesille esitettyihin ympäristönlaatunormeille (AA-EQS, VNa 1022/2006) tai haitattomiksi arvioiduille pitoisuuksille (PNEC). Ravistelutestissä rikastushiekan metallit liukenevat puhdistettuun /tislattuun veteen vuorokauden ajan kestävässä ravistelussa. Ravistelutesti kuvaa metallien liukoisuutta veteen, jossa ravistelu voimistaa liukenemista. Hapontuottoa tarkastelevassa pH-NAG testin loppuliuoksessa tiettyjen metallien (Cr, Cu, Pb, V) liukoisuudet olivat suurempia. Erityisesti kromin liukoisuus oli huomattavasti korkeampi. Tämä johtunee pH-NAG testissä käytettävän vetyperoksidin aiheuttamasta kolmenarvoisen kromin hapettumisesta liukoisemmaksi muodoksi eli kuudenarvoiseksi kromiksi. pH-NAG testit perustuvat materiaalin hapettamiseen vetyperoksidilla (H_2O_2). Rikastushiekkalietteen ja kosteuskammiotestin (HCT5) ensimmäisen viikon liukoisuustulokset olivat suurempia nikkelin osalta kuin ravistelutestissä esitetyt. Kosteuskammiotesti on kineettinen testausmenetelmä, jolla tutkitaan kaivannaisjäteen ominaisuuksia ja käyttäytymistä pitkälläaikavälillä. Kosteuskammiotesti on suositeltavaa erityisesti sulfidipitoisille rikastushiekoille, koska sillä saadaan tietoa sulfidimineraalien hapettumisesta ja hapettumistuotteista pitkällä aikavälillä. Kosteuskammiotesti kuvastaa kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttäytymistä paremmin kuin liukoisuustestit, jotka on alun perin suunniteltu kaatopaikkajätteille

Taulukko 7-1. Rikastushiekkojen metallien liukoisuudet ravistelutestissä (kumulat. L/S 10) ja ympäristönlaadulle esitetty viitearvo (vuosikeskiarvo AA-EQS sisävesille, VNa 1022/2006 ja PNEC-arvot, EU:n kemikaaliviraston ECHA:n tietokanta). L/S suhde kuvaa veden ja kiintoaineksen suhdetta eli ns. liquis/solid ratio.

Parametri	Yk-sikkö	Matalarikkinen rikastushiekka		Ympäristöviitearvo sisävesille (mg/l)
		Prosessivaihtoehto 1	Prosessivaihtoehto 2	
pH	-	7,81	9,05 (L/S 2) 9,2 (L/S 8)	-
arseeni, As	mg/l	<0,001	<0,5	
barium, Ba	mg/l	0,071	ei määritetty	0,115 (PNEC)
kadmium, Cd	mg/l	<0,0005	<0,00008	<0,00008–0,00025 (AA-EQS)
koboltti, Co	mg/l	ei määritetty	<0,0005	0,00062 (PNEC)
kromi, Cr	mg/l	0,007	<0,001	0,0065 (PNEC)
kupari, Cu	mg/l	<0,001	<0,0003	0,0078 (PNEC)
elohopea, Hg	mg/l	<0,00001	<0,00001	0,00007 (AA-EQS)
nikkeli, Ni	mg/l	0,004	<0,005	0,004 (AA-EQS)
lyijy, Pb	mg/l	<0,001	<0,0002	0,0012 (AA-EQS)
antimoni, Sb	mg/l	<0,001	ei määritetty	0,00113 (PNEC)
seleeni, Se	mg/l	0,001	0,013	0,0027 (PNEC)
vanadiini, V	mg/l	<0,005	<0,001	0,0178 (PNEC)
sinkki, Zn	mg/l	0,006	<0,001	0,000021 (PNEC)

8. KYSELY PALISKUNNILLE

Sakatin lähialueilla toimiville porotalouden harjoittajille laadittiin erillinen kysely porojen pölylle altistumisen taustatiedoksi. Raportti on esitetty liitteessä 1. Kyselyn tarkoituksena oli kartoittaa rehuntuotantoalueiden ja poron laidunalueiden sijaintia suhteessa kaivokseen ja pölylaskeuman vaikutusalueeseen. Kyselyn tavoitteena oli saada kohdekohtaista tietoa porojen altistumisarviointiin.

9. JATKOTARKASTELU

Tässä raportissa esitetyn aineiston ja laskennan perusteella toteutetaan arvio pölylaskeuman vaikutuksista poroihin. Vaikutusarvio kohdennetaan laskeumapitoisuuksien perusteella kromille, nikkelille ja kuparille. Perustuen tämänhetkisiin tutkimuksiin ja selvityksiin prosessivaihtoehto 2 on todennäköisempi rikastuksen prosessivaihtoehto ja näin ollen tarkastelu tehdään ko. prosessivaihtoehdon matalarikkiselle rikastushiekalle. Koska pölyn eli rikastushiekan hienojakoisen fraktion osalta ei ole saatavilla erillistä alkuaineanalyysiä, tarkastelu toteutetaan rikastushiekan tutkittujen metallipitoisuuksien perusteella. Tieteellisissä julkaisuissa tai tutkimuslaitosten raporteissa oli niukasti tietoa nimenomaan nikkelin, kromin ja kuparin porospesifisistä vaikutuksista. Siten jatkotarkastelu rajataan sekundäärisiin vaikutuksiin eli pölylaskeuman vaikutuksiin ravintokasveihin sekä altistumisen arviointiin. Ravintokasvien osalta ei tarkastella erillisesti jokaista ravintokasvia, vaan referenssikasvina käytetään altistusalueella rehuksi kasvatettavaa timoteitä.

Arvio pölylaskeuman vaikutuksesta peltojen maaperään toteutetaan vaiheittain. Aluksi arvioidaan laskennallisesti vuosittainen metallien kokonaiskuormitus eri laskeuma-alueille, joilla rehupeltoja sijaitsee. Tämän jälkeen arvioidaan nikkelin, kromin ja kuparin kokonaispitoisuuden vuosittainen muutos (taustapitoisuuksien avulla) sekä suurin mahdollinen pitoisuuden muutos. Tarkasteltava esimerkkiajanjakso suurimmalle pitoisuuden muutokselle on neljäkymmentävuotta.

Tämän jälkeen arvioidaan laskennallisesti metallien kertyminen muokkauskerrokseen (paksuus n. 20 cm) tai pintamaahan (5 cm). Mallissa ei huomioida metallien huuhtoutumista tai poistumista kasvien akkumulaation seurauksena. Laskennan tulosten perusteella arvioidaan laskeuman vaikutukset maaperään rikastushiekan koostumuksen perusteella.

Maaperävaikutusten arvioinnin jälkeen arvioidaan vaikutukset rehun laatuun. Maaperän pitoisuusarvioiden avulla tarkastellaan vaikutusta rehun laatuun (SHPeko viitearvon perusteella eli suurin haitattomaksi tunnistettu pitoisuus ekologisin perustein, Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014). Vaikutusta rehunlaatuun tarkastellaan myös rikastushiekan liukoisuuksien perusteella. Koska matalarikkinen rikastushiekka on luokiteltu ei-happoa tuottavaksi ja pölyllä ei ole tällä perusteella sulfidien hapettumisesta aiheutuvaa happovaikutusta, on pölyn vaikutusten arvioinnissa hyödynnetty ravistelutestin tuloksia. Ravistelutestin tuloksien on arvioitu soveltuvan pölyn ympäristökäyttäytymisen arviointiin paremmin kuin pidempiaikainen kaivannaisjätteen kosteuskammiotesti, jolla saadaan tietoa mm. rikastushiekan sulfidimineraalien hapettumisesta ja hapettumistuotteista pitkällä aikavälillä. Visual Minteq-mallin avulla arvioidaan ravistelutestin perusteella metallien esiintymismuodot maaperässä ja niiden liukoiset pitoisuudet. Näiden avulla arvioidaan edelleen metallien biosaatavuutta ja haittavaikutuksia.

Kasvien metallienotto tapahtuu pääasiassa juurten kautta. Paliskunnille osoitetun kyselytutkimuksen (liite 1) perusteella timotei on yleisin rehutuotannossa käytetty heinäkasvi, ja siten kertyvyystarkastelussa mallikasvina käytetään timoteita. Metallien kertymistä timoteihin tarkastellaan MINERA-mallia hyödyntäen. Laskennan perusteella arvioidaan rehuun päätyviä metallipitoisuuksia ja niiden vaikutuksia poroille. Altistumisen arvioinnissa hyödynnetään paliskuntien kyselytutkimuksen ja aiempien tutkimusten tuloksia porojen ravinnosta ja laidunkierrosta.

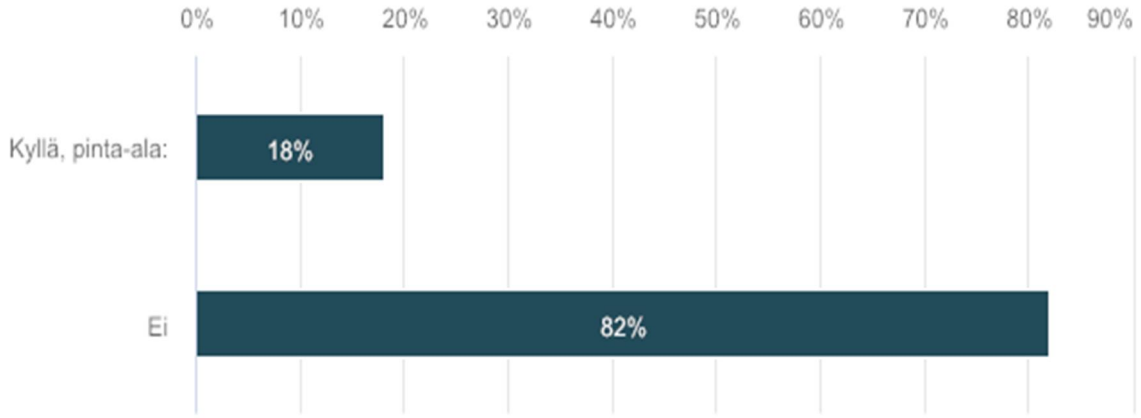
LIITE 1
PALISKUNTIEN HAASTATTELU

Perusraportti
Kysely poronomistajille: Porotalous suunnitellun Kuusivaaran kaivoksen ja tuotantolaitoksen läheisyydessä

Vastaajien kokonaismäärä: 18

1. Rehuntuotantoalueeni tai ostamani rehun tuotantoalueet sijaitsevat kartassa esitetyllä pölyn laskeuma-alueella (kartassa vaaleanruskealla väritetty alue suunnitellun kaivoksen ympärillä)

Vastaajien määrä: 17



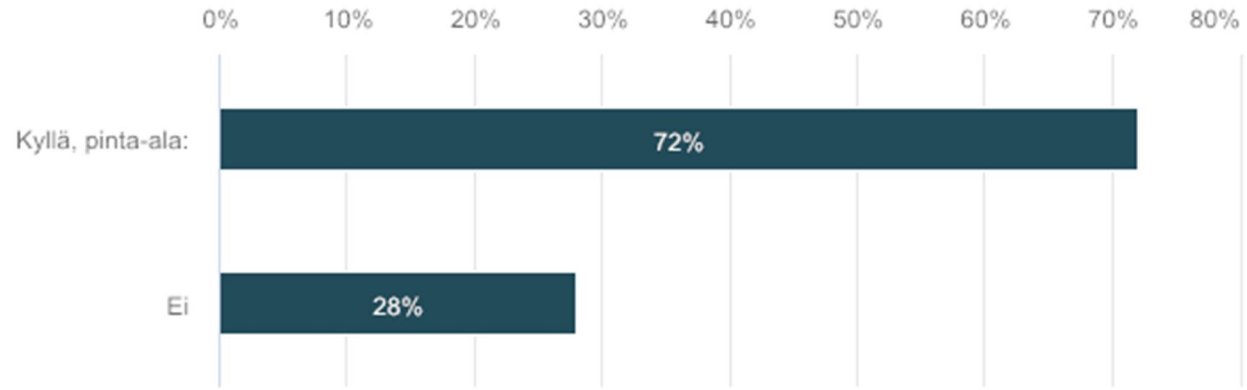
	n	Prosentti
Kyllä	3	17,6 %
Ei	14	82,4 %

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä, pinta-ala:	1 ha
Kyllä, pinta-ala:	30 ha
Kyllä, pinta-ala:	>1 ha

2. Rehuntuotantoalueeni tai ostamani rehun tuotantoalueet sijaitsevat kartassa esitetyllä 10 km säteen sisällä suunnitellusta kaivoksesta (kartassa mustalla viivalla rajattu ympyrän muotoinen alue)

Vastaajien määrä: 18



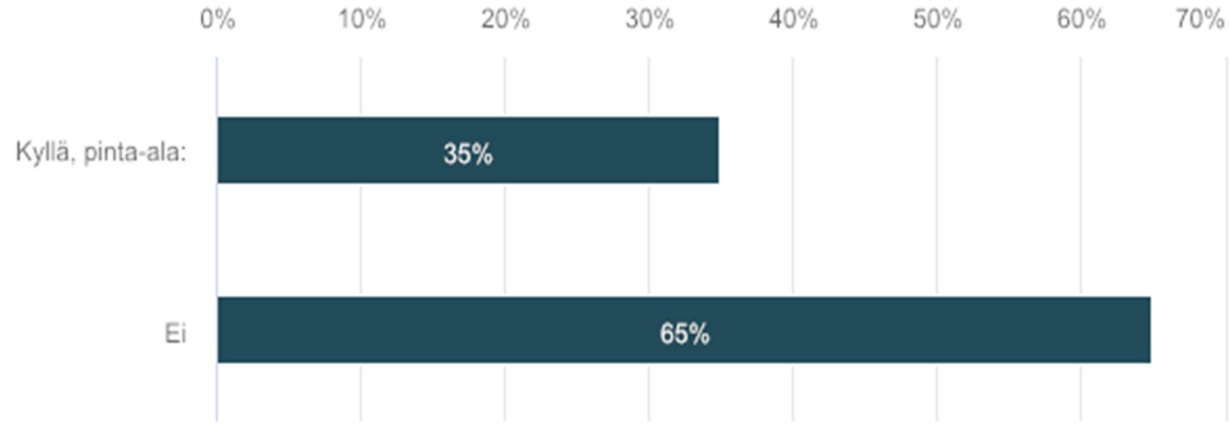
	n	Prosentti
Kyllä	13	72,2 %
Ei	5	27,8 %

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä, pinta-ala:	4 ha
Kyllä, pinta-ala:	6 ha
Kyllä, pinta-ala:	9,5 ha
Kyllä, pinta-ala:	N.5 h
Kyllä, pinta-ala:	3,5 ha
Kyllä, pinta-ala:	2 ha
Kyllä, pinta-ala:	2 hehtaaria
Kyllä, pinta-ala:	2 ha
Kyllä, pinta-ala:	n1 ha
Kyllä, pinta-ala:	n 1 ha
Kyllä, pinta-ala:	4 ha
Kyllä, pinta-ala:	ha
Kyllä, pinta-ala:	15 ha

3. Porojeni laidunalueet sijaitsevat kartassa esitetyllä pölyn laskeuma-alueella

Vastaajien määrä: 17



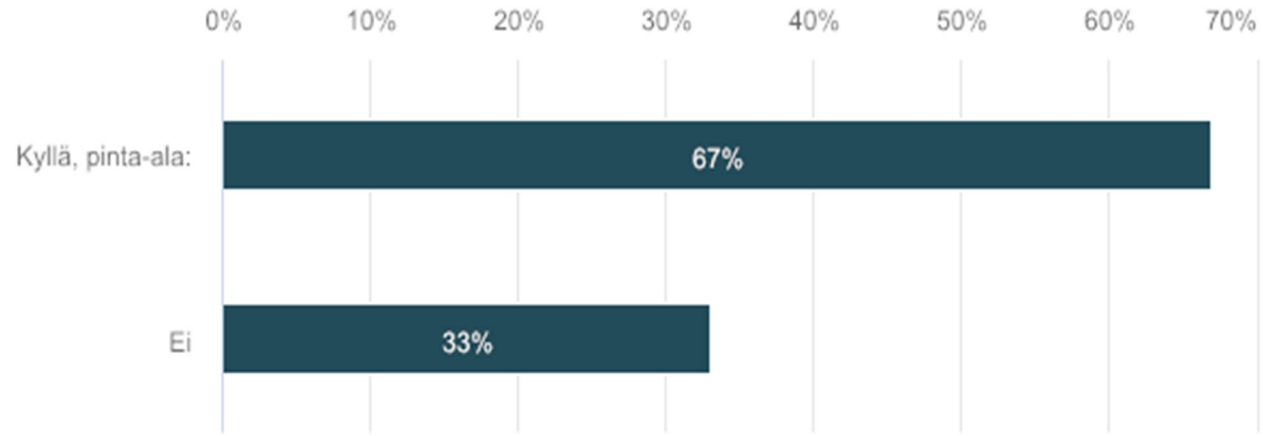
	n	Prosentti
Kyllä	6	35,3 %
Ei	11	64,7 %

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä, pinta-ala:	10 km2
Kyllä, pinta-ala:	100
Kyllä, pinta-ala:	500 ha
Kyllä, pinta-ala:	n. 1200 ha
Kyllä, pinta-ala:	1200 ha
Kyllä, pinta-ala:	20000 ha

4. Porojeni laidunalueet sijaitsevat 10 km säteellä suunnitellusta kaivokselta

Vastaajien määrä: 18



	n	Prosentti
Kyllä	12	66,7 %
Ei	6	33,3 %

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä, pinta-ala:	15 ha
Kyllä, pinta-ala:	N.100 ha
Kyllä, pinta-ala:	1000
Kyllä, pinta-ala:	200 km2
Kyllä, pinta-ala:	8000 ha
Kyllä, pinta-ala:	500 ha
Kyllä, pinta-ala:	300 ha
Kyllä, pinta-ala:	18000 ha
Kyllä, pinta-ala:	18000 ha
Kyllä, pinta-ala:	4 ha
Kyllä, pinta-ala:	20000 ha
Kyllä, pinta-ala:	X ha

5. Porojeni laidunaika

Vastaajien määrä: 16

- laskeuma-alueella (kk/v):	- 10 km säteellä kaivoksesta (kk/v):
0	0
0	0
7kk/v	12kk/v
1	5
0	6
01.06.-31.12.21/22	01.06.-31.12.21/22
-	-
n. 4kk	12kk
n. 4kk	12kk
6kk/v	6kk/v
	8
	4 kk
	1.6-22.12
	10
	5 kk
	3-12 kk

6. Porojeni tarhausaika

Vastaajien määrä: 15

- laskeuma-alueella (kk/v):	- 10 km säteellä kaivoksesta (kk/v):
0	0
0	0
0kk/v	5kk/v
0	6
01.12.2021-31.05.2022	01.12.2021-31.05.2022
-	-
n 4kk	12kk
	6
	3
	100 vrk
	2
	12kk
	5 kk
	6kk/v
	3-5 kk

7. Kuinka ison osan vuodesta omistamani porot ovat lisäruokinnassa maastossa (kk/v):

Vastaajien määrä: 16

Vastaukset
5-6kk riippuen vuodesta
0
0 kk
5
5kk/v
6
0
en lisäruoki maastoon vaan tarhaan.
-
4kk
5
4-7 kk riippuen vuodesta
n. 5kk
n. 5 kk
n. 4-5kk
3-5 kk

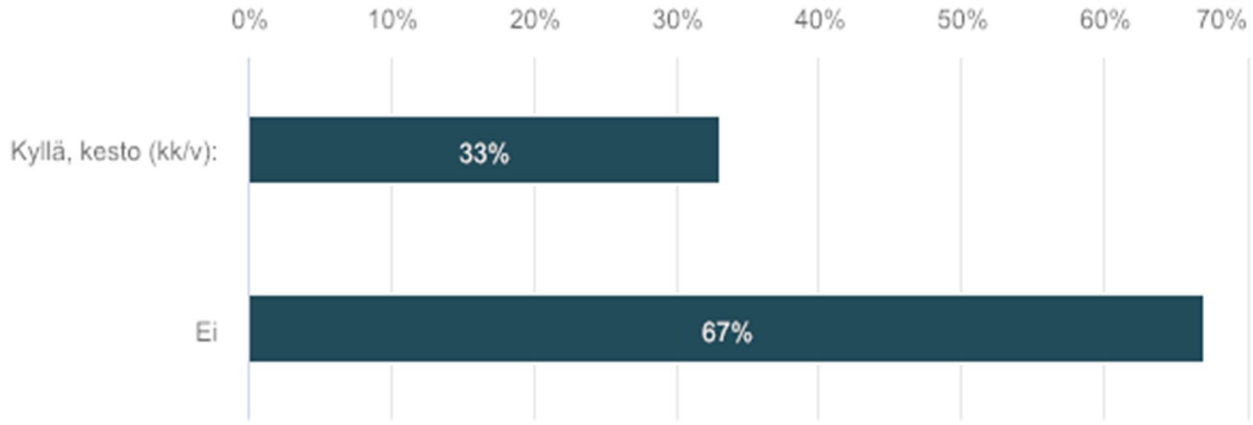
8. Minkä ikäisenä vasat siirtyvät pois tarharuokinnasta?

Vastaajien määrä: 15

Vastaukset
Tarkoittaako keväällä syntyviä vasoja vai keväällä vuoden ikään tulevia vasoja? Keväällä syntyvät vasat 7-30 päivän ikäisenä. Vuoden ikään tulevat vasat ovat saman ajan hoidossa kuin raavaammatkin porot.
3 pv
En vasta poroja kotona, porot ovat paliskunnan pohjoisosassa veitsi.
1
10kk
- 2-3 viikon ikäisenä. - osa vastasyntyneistä vasoista muutaman päivän ikäisenä.
Viikko
Vasat ovat myös maasto ruokinnassa vaatimien kanssa.
10kk
9-10 kk
elovasat 1v vaatimien matkassa em. n. 5kk
elovasat (1v) vaatimien matkassa
1 vk
10kk
Vasat otetaan /ne tulevat ruokintapaikoille yleensä emiensä matkassa loka-marras-joulu-tammi kuussa. Silloin ne saavat ensi kertaa ravintoa muuta kuin luonnon antimia. Ruokinta-apu päättyy kun tokka löysätään/viedään takaisin kairaan, keväästä riippuen maalis-toukokuussa.

9. Jatketaanko vasojen ruokintaa maastossa varsinaisen tarharuokinnan loputtua?

Vastaajien määrä: 15



	n	Prosentti
Kyllä	5	33,3 %
Ei	10	66,7 %

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä, kesto (kk/v):	1
Kyllä, kesto (kk/v):	1-2 kk
Kyllä, kesto (kk/v):	n 5kk
Kyllä, kesto (kk/v):	n 5kk
Kyllä, kesto (kk/v):	1kk

10. Mikä osuus tarharuokinnan heinästä on peräisin

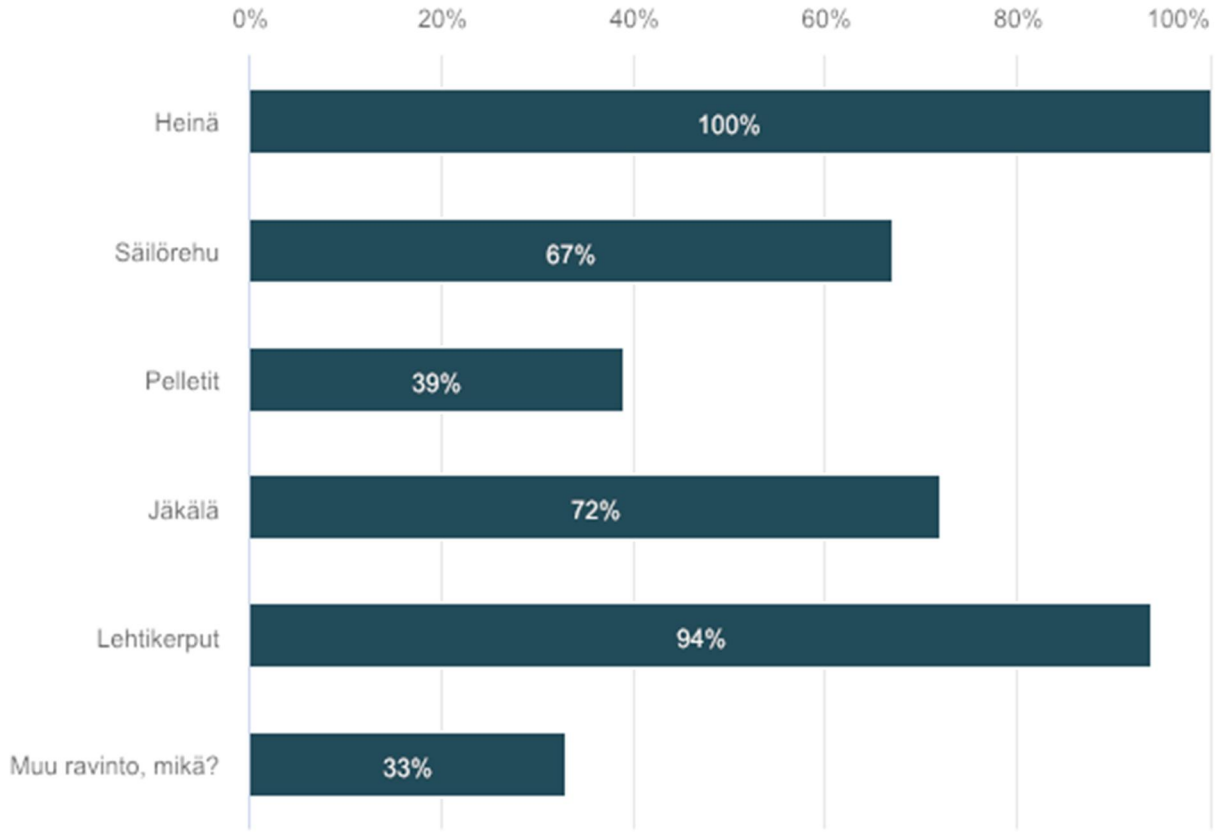
Vastaajien määrä: 16

- laskeuma-alueelta (% kokonais-rehun määrästä)	- 10 km säteeltä kaivoksesta (% koko-naisrehun määrästä)
	40
	80
0	0
	100
	50
0	50
20	40
	30
0	50 %
0	0
0 %	0 %
	55-65 %
	n. 8 %
	100
100 %	100 %
	95 %

11. Tarha- ja maastoruokintaan käytettämäni ravintotyyppi:

Voit valita useita vaihtoehtoja

Vastaajien määrä: 18, valittujen vastausten lukumäärä: 73



	n	Prosentti
Heinä	18	100 %
Säilörehu	12	66,7 %
Pelletit	7	38,9 %
Jäkälä	13	72,2 %
Lehtikerput	17	94,4 %
Muu ravinto, mikä?	6	33,3 %

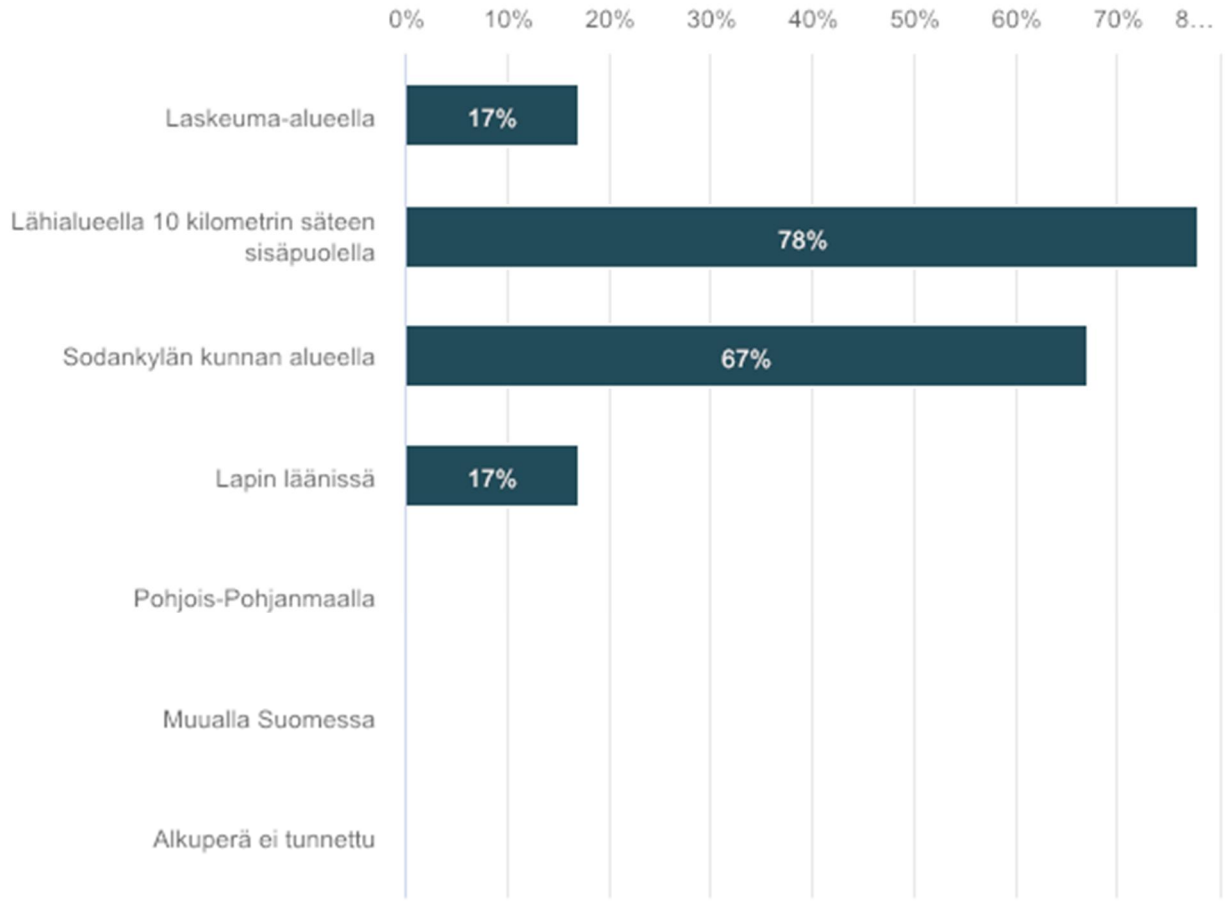
Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Muu ravinto, mikä?	Korte
Muu ravinto, mikä?	Pororehu
Muu ravinto, mikä?	poron irtorehu,kapulat
Muu ravinto, mikä?	Poron rehu
Muu ravinto, mikä?	Nuolukivet
Muu ravinto, mikä?	luppo

12. Missä ravintoheinä kasvatetaan?

Voit valita useita vaihtoehtoja

Vastaajien määrä: 18, valittujen vastausten lukumäärä: 32

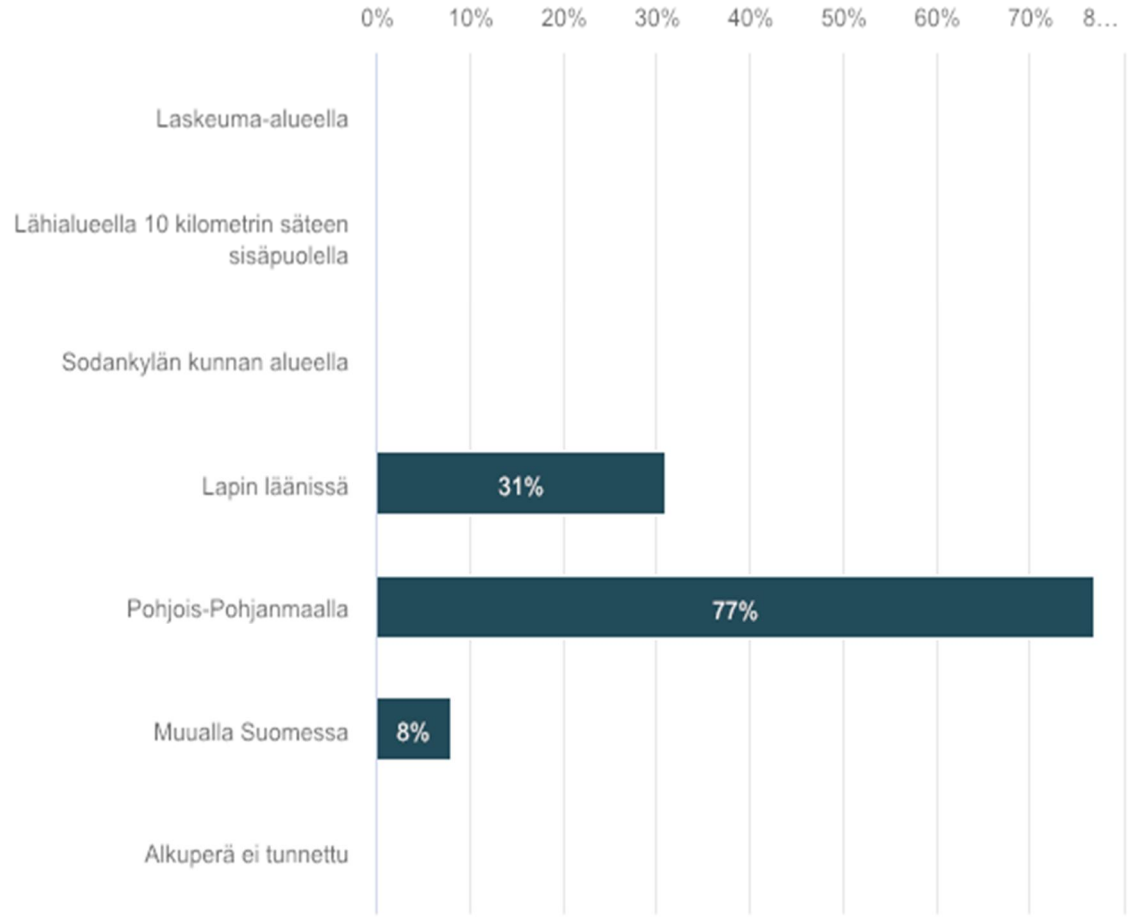


	n	Prosentti
Laskeuma-alueella	3	16,7 %
Lähialueella 10 kilometrin säteen sisäpuolella	14	77,8 %
Sodankylän kunnan alueella	12	66,7 %
Lapin läänissä	3	16,7 %
Pohjois-Pohjanmaalla	0	0 %
Muualla Suomessa	0	0 %
Alkuperä ei tunnettu	0	0 %

13. Missä ravintojäkälä kasvatetaan?

Valitse soveltuvat

Vastaajien määrä: 13, valittujen vastausten lukumäärä: 15



	n	Prosentti
Laskeuma-alueella	0	0 %
Lähialueella 10 kilometrin säteen sisäpuolella	0	0 %
Sodankylän kunnan alueella	0	0 %
Lapin läänissä	4	30,8 %
Pohjois-Pohjanmaalla	10	76,9 %
Muualla Suomessa	1	7,7 %
Alkuperä ei tunnettu	0	0 %

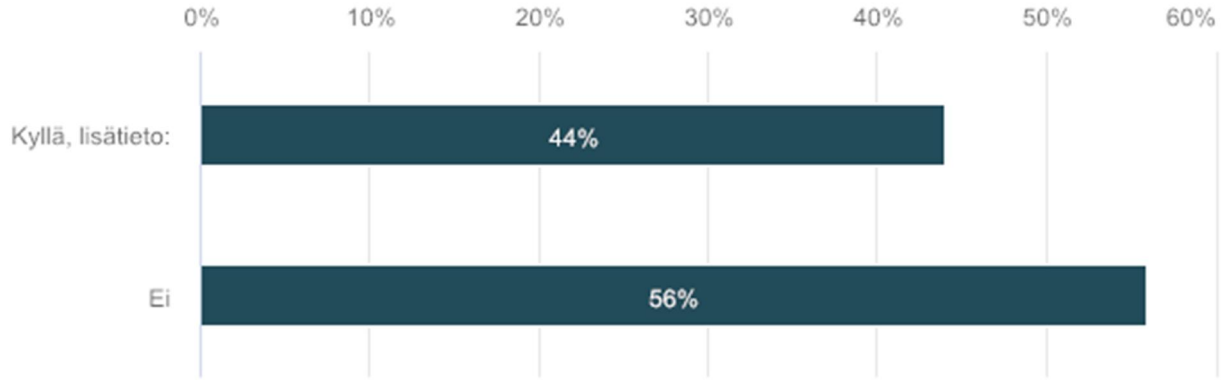
14. Mitä kasveja viljellään peltoviljelmillä 10 km säteen sisäpuolella?

Vastaajien määrä: 15

Vastaukset
Poroille soveltuvaa sekaheinää. Lisäksi viljellään perunoita, juureksia, vihanneksia, yrttejä ja marjoja ihmisille.
Timotei-heinä
Pottuja,juurikasveja ,mansikoita, viinimajat ,heinää, avomaankurkku
Timotei
Nurminata, timotei, apila
Perunaa, Timotei heinää, apila heinää.
-heinää,säilörehupaaleja.
-
Heinä
Luonnon heinää ja timotei
luonnon niittyheinä
luonnon niittyheinä
heinää
Heinää
Timotei niittynurmikka nurminata...

15. Toimitetaanko alueella tuotettavaa rehua myös muualle?

Vastaajien määrä: 18



	n	Prosentti
Kyllä	8	44,4 %
Ei	10	55,6 %

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihto-ehdot	Teksti
Kyllä, lisätieto:	Osa poron omistajista ja maanviljelijöistä myyvät heinää ympäri lapinlääniä
Kyllä, lisätieto:	Heinää myydään eteenpäin vuosittain vaihtuviin kohteisiin
Kyllä, lisätieto:	Kevät talvella tokkaanplk.pohjoisosaan
Kyllä, lisätieto:	Maastoruokinta-alueelle Koitelaiseen
Kyllä, lisätieto:	Kauemmas kuin 10 kilometrin säteelle kaivoksesta.
Kyllä, lisätieto:	Säilörehupaaaleja Sodankylän kunnan alueelle.
Kyllä, lisätieto:	Paliskunnan porojen ruokintaan
Kyllä, lisätieto:	Pohjoiseen

KYSELYN KARTTA

