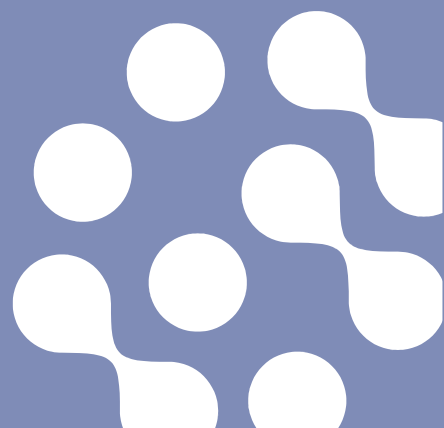


Eurofins Ahma Oy  
6.5.2024

# TERRAFAME OY TARKKAILU 2023 YHTEENVETO



## TERRAFAME OY, TARKKAILU 2023, YHTEENVETO

### Sisällysluettelo

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>KÄYTTÖTARKKAILU</b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>PÄÄSTÖTARKKAILU</b> .....	<b>3</b>
3.1	VESIPÄÄSTÖJEN TARKKAILU .....	3
3.2	ILMAPÄÄSTÖJEN TARKKAILU .....	3
<b>4.</b>	<b>PINTAVESIEN TARKKAILU</b> .....	<b>4</b>
4.1	OULUJOEN VESISTÖALUE .....	4
4.2	VUOKSEN VESISTÖALUE.....	6
<b>5.</b>	<b>PINTAVESIEN BIOLOGINEN TARKKAILU</b> .....	<b>6</b>
5.1	PIILEVÄT .....	6
<b>6.</b>	<b>KALATALOUSTARKKAILU</b> .....	<b>7</b>
<b>7.</b>	<b>POHJAVESIEN TARKKAILU</b> .....	<b>9</b>
<b>8.</b>	<b>PÖLYLASKEUMAN TARKKAILU</b> .....	<b>13</b>
<b>9.</b>	<b>JÄTEJAKEIDEN TARKKAILU</b> .....	<b>14</b>
<b>10.</b>	<b>BIOLOGINEN TARKKAILU MAA-ALUEILLA</b> .....	<b>17</b>
<b>11.</b>	<b>YMPÄRISTÖMELUN TARKKAILU</b> .....	<b>18</b>

**Eurofins Ahma Oy**

**Terrafame Oy (käyttötarkkailu)**

Sähköposti: EtunimiSukunimi@eurofins.fi

[www.eurofins.fi](http://www.eurofins.fi)

# 1. JOHDANTO

Terrafame Oy on suomalainen akkukemikaaliyhtiö, joka hyödyntää tuotantoprosessissaan bioliuotusmenetelmää. Yhtiön kaikki toiminnot sijaitsevat Sotkamossa. Terrafamen päätuotteita ovat sähköautojen akkujen valmistuksessa käytettävät nikkeli- ja kobolttisulfaattit. Lisäksi yhtiö tuottaa metallipuolituotteita – nikkeli-koboltti-, sinkki- ja kuparisulfideja – sekä ammoniumsulfaattia.

Kaupallinen tuotantotoiminta teollisuusalueella on käynnistynyt vuonna 2009. Terrafame on harjoittanut tuotantotoimintaa alueella 15.8.2015 alkaen.

Tuotantolaitoksen toiminnan alkuvuosina edellisen toimijan aikana, ympäristötarkkailua on toteutettu vuonna 2007 laaditun ja vuonna 2008 Vaasan hallinto-oikeuden päätöksen ja Kainuun ympäristökeskuksen hyväksymiskirjeen perusteella täydennetyn tarkkailusuunnitelman mukaisesti. Tarkkailuohjelmaa on sittemmin täydennetty lukuisin lisäyksin mm. päästö-, pintavesi-, pohjavesi-, pölylaskeuma- ja kalataloustarkkailujen osalta.

Vuonna 2023 Terrafame Oy:n ympäristötarkkailu toteutettiin vuonna 2019 laaditun tarkkailuohjelman (Ramboll Finland Oy 2019) mukaisesti marraskuuhun asti, ja marraskusta alkaen osittain uuden tarkkailuohjelman mukaan. Uudessa tarkkailuohjelmassa on yhdistetty eri toimintojen tarkkailua koskevat, voimassa olevat Kainuun ja Pohjois-Savon ELY-keskusten hyväksymät erilliset tarkkailuohjelmat sekä niihin tehdyt lisäykset.

Kesäkuussa 2022 Terrafame sai uuden ympäristöluvan (nro 87/2022, PSAVI/2461/2017). Tarkkailuohjelma on päivitetty vastaamaan uusia lupaehtoja. Velvoitetarkkailu perustuu pääosin seuraaviin lupiin ja päätöksiin:

- Ympäristö- ja vesitalouslupa (AVI:n päätös Nro 87/2022)
- Akkukemikaalitehtaan ympäristölupa (AVI:n päätös Nro 5/2021)
- Kolmannen rikkivetylaitoksen ympäristölupa (AVI:n päätös Nro 39/2018/1)
- Uusien energiantuotantoyksiköiden ympäristölupa (AVI:n päätös Nro 133/2020)
- Sivukivialueen KL1 ympäristölupapäätös 29.6.2023 (Nro 107/2023, Dnro PSAVI/4347/2020)

Velvoitetarkkailuun sisältyy tuotannon käyttötarkkailu, sekä ulkopuolisen toimijan toteuttama päästö- ja ympäristövaikutusten ja jätejakeiden laadun tarkkailu. Vuonna 2023 käyttötarkkailusta vastasi Terrafame Oy ja ulkopuolisen toimijan toteuttamasta tarkkailusta Eurofins Ahma Oy.

Tarkkailukokonaisuus on jaettu seuraaviin osioihin, joista on laadittu omat itsenäiset vuosiraporttinsa:

1. Käyttötarkkailu
2. Vesipäästöjen tarkkailu
3. Pistemäisten ilmapäästöjen tarkkailu
4. Pintavesien tarkkailu
5. Piilevien tarkkailu
6. Kalataloustarkkailu
7. Pohjavesien tarkkailu
8. Pölylaskeuman tarkkailu
9. Jätejakeiden tarkkailu
10. Biologinen tarkkailu maa-alueella 2023

Tässä yhteenvedossa käsitellään kunkin tarkkailukokonaisuuden osa-alueen pääkohdat.

## 2. KÄYTTÖTARKKAILU

Yhtiö aloitti kesäkuussa 2021 akkukemikaalitehtaan ylösajon, joka muutti yhtiön erikoiskemikaalien tuottajaksi. Ylösajo on jatkunut vuoden 2023 aikana. Yhtiö laitoi 17.6.2022 vireille Kolmisopen malmion hyödyntämistä koskevan ympäristölupahakemuksen, josta Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto antoi kuitenkin tutkimattajätämispäätöksen 17.2.2023. Keskeinen este lupahakemuksen käsittelylle kesäkuussa 2022 jätetyssä laajuudessa on, että hankkeen edellyttämään vesienhoitosuunnitelman tavoitteista poikkeamiseen tarvittava menettely vaatii lakimuutoksen, joka on tällä hetkellä vasta valmisteluvaiheessa. Yhtiö päätti muuttaa Kolmisoppihankkeen suunnitelmiaan siten, että lupaa haetaan Kolmisopen maa-alueella olevan malmiesiintymän hyödyntämiseksi. Kolmisopen malmion maa-alueen louhinnan ympäristö- ja vesitalouslupahakemuksen yhtiö laitoi vireille 4.7.2023 (PSAVI/8746/2023).

Kesäkuussa 2023 Pohjois-Suomen aluehallintovirasto myönsi yhtiölle määräaikaisen ympäristöluvan sivukivalue KL1:n rakentamiselle, käytölle ja sivukivialueeseen liittyville muille toiminnoille sekä Rajasuon maankaatopaikan rakentamiselle ja käytölle (PSAVI/4347/2020). Päätös ei ole lainvoimainen, mutta osin täytännönpanokelpoinen.

Kuusilammen avolouhoksessa louhittiin malmia vuoden 2023 aikana yhteensä 18 miljoonaa tonnia. Tuotantoräjäytyksiä avolouhoksella oli vuoden aikana 60. Louhoksen syvin kohta vuoden lopussa oli 0-tasolla merenpinnasta katsottuna. Sivukiveä louhittiin yhteensä 30,5 miljoonaa tonnia, josta mustaliuskesivukiveä läjitettiin 22,6 miljoonaa tonnia sivukivialueelle KL2. Sivukivialueen KL2 täyttö eteni vuoden 2023 aikana siten, että viimeiset täytöt alueelle jäi ajettavaksi tammikuun 2024 puolelle. Yhtiö otti KL1 sivukivialueen tuotannolliseen käyttöön heti 2024 tammikuussa. Muu sivukivi oli kiilleliusketta, jota voidaan hyödyntää myös tarvekivenä. Osa siitä välivarastoitiin mahdollista myöhempää hyötykäyttöä varten tulevan sivukivialueen KL1 alueelle.

Kaivostoiminnasta syntyvää tärinää mitattiin vuoden aikana jatkuvatoimisilla tärinämittareilla kolmesta pisteestä, joista kaksi sijaitsee alueen ulkopuolella ja yksi tehdasalueella. Yhden kiinteistön tärinämittarin yhteydessä on myös ilmanpainemittari louhintaräjäytysten paineaaltojen tarkkailua varten. Tärinälle on annettu 87/2022 ympäristölupapäätöksessä luparaja 5 mm/s, joka ylittyi vuoden 2023 mittauksissa alkuvuonna kaksi kertaa. Ylitysten seurauksena yhtiö muutti räjäytystekniikkaa, eikä ylityksiä enää ole havaittu.

Kaikki louhittu malmi on kasattu murskaus-, seulonta- ja agglomerointiprosessien jälkeen primääriliuotukseen. Primäärikasoille kasattua malmia siirrettiin vuoden aikana sekundääriliuotuskasoille noin 19,7 miljoonaa tonnia. Bioliuotuskasoille johdettiin sivukivialueen suotovesiä 387 125 m<sup>3</sup> ja 18 960 m<sup>3</sup> käänteisosmoosilaitoksella syntynyttä rejektiiä.

Vuonna 2022 käynnistettiin ympäristömelun yhtäjaksoinen mittaus Hakosen järven itäpuolella. Vuonna 2023 mitatut melutasot ovat alittaneet päivä- ja yöaikaisten keskiäänitasojen raja-arvot (klo 7–22 55 dB ja klo 22–07 50 dB).

Vuoden 2023 aikana toteutettiin useita erityyppisiä infrarakentamisen projekteja tai niiden esitöitä. Osa hankkeista liittyi normaaliin tuotannon ja ympäristönsuojelurakenteiden ylläpitämiseen. Mm. EM-liuosallas ja sen ympäristönsuojelurakenteet uusittiin käytännössä kokonaisuudessaan. Vuoden 2023 aikana rakennettiin sivukivialueen KL1 lohkojen 6 ja 5 pohjarakenteita sekä sivukivialueeseen kuuluva DP9-allas. KL1-alueen vesienkeräämisen tehostamiseksi rakennettiin myös Kuohunahon pato, jonka viimeistely jatkuu vielä vuonna 2024

Vuoden 2023 aikana Terrafame jatkoi Salmisen järven kunnostustöitä. Järven valuma-alueen kunnostus on aloitettu jo vuonna 2022 Kärsälammen alueen Terrafame rakensi padon erottamaan vesialueeksi jäävä pohjoinen Salminen järven osa eteläpuolisesta, tuotantoalueen alle jäävästä osasta. Pato rakennettiin kaivospiirin rajan tuntumaan. Salmisesta padon kaivospiirin puoleinen osa kuivattiin, ja järven pohja-aluetta kunnostettiin poistamalla pilaantunutta sedimenttiä. Järven kaivospiirin puoleiselle osalle on suunniteltu uusi sekundääriliuotusalue (SH5-8). Salmisen kaivospiirin puoleisella osalla on käynnissä kuivana pitopumppaukset. Kuivanapitovedet johdetaan Kärsälammen ja laskeutusaltaan kautta Salmisenpuroon. Kunnostustyöt pohjoisella, vesialueeksi jäävällä osalla ovat vielä kesken. Salmisen kaivospiirin puoleisella osalla on käynnissä kuivana pitopumppaukset. Kuivanapitovedet johdetaan Kärsälammen ja laskeutusaltaan kautta Salmisenpuroon. Kunnostustyöt pohjoisella, vesialueeksi jäävällä osalla ovat vielä kesken. Lisäksi järven valuma-alueen kunnostus on aloitettu Kärsälammen alueen massojen poistolla. Salmisella tehtävä pilaantuneiden sedimenttien poisto jatkuu vuonna 2023 erityisesti rakennettavan padon alueelta.

Vuoden 2023 alussa yhtiön alueella oli varastoituna ylimäärävesiä yhteensä noin 1 895 900 m<sup>3</sup>. Vuoden lopussa vastaava vesimäärä oli noin 1 896 800 m<sup>3</sup>.

## 3. PÄÄSTÖTARKKAILU

### 3.1 Vesipäästöjen tarkkailu

Vuonna 2023 alueelta johdettiin vesistöihin yhteensä noin 10 milj. m<sup>3</sup> käsiteltyjä jätevesiä. Vesistä n. 91 % johdettiin tammi-joulukuun aikana purkuputkea pitkin Oulujoen vesistöalueella sijaitsevaan Nuasjärveen. Selvästi vähäisempi osa ympäristöön johdetuista vesistä juoksettiin ns. vanhoja purkureittejä pitkin Oulujoen ja Vuoksen vesistöihin. Juoksetettujen vesien kokonaismäärästä n. 8 % purettiin heinä-elokuussa ja loka-marraskuussa Latosuon kautta Kuusijokeen Oulujoen vesistöön, sekä n. 1 % joulukuussa Torvelansuon kautta Ylä-Lumijärven ohittavaan kanavaan Vuoksen vesistöön.

Vuonna 2023 juoksetettu kokonaismäärä oli n. 7 % suurempi kuin edellisvuonna. Vuonna 2023 vesistöihin puretun veden määrä oli suurempi kuin vuosina 2015–2022. Vuoden 2023 sadesumma Tuhkakylän mittauspisteellä oli 878 mm, kun pitkän ajan keskiarvo alueella on 624 mm.

Ympäristöluvassa vanhoja purkureittejä pitkin juoksetettavan veden määrää tulee säädellä Kalliojoen virtaamien mukaisesti. Ympäristölupapäätöksen 87/2022 (20.6.2022) mukaisesti lähivesistöihin sekä Vuoksen että Oulujoen valuma-alueelle johdettavan käsitellyn jäteveden virtaama saa olla jatkuvasti enintään 15 % Kalliojoen alaosan kyseisen ajankohdan virtaamasta.

Vuonna 2023 juoksetusmäärät ovat pääosin pysyneet luvassa määrätyn raja-arvon alapuolella. Hetkellisiä ylityksiä on tapahtunut Oulujoen suuntaan juoksetettujen vesien osalta heinä-elokuussa, mutta ylitykset ovat hyvin pieniä, ja johtuvat mittauksen ja juoksetusvirtaaman säätämisen välisestä viiveestä. Vertailu tehdään vuositasolla juoksevaan 7vrk keskiarvoon, mikä poikkeaa hieman tuotannonohjauksen käytännöistä.

Vesistöön johdettavan veden pitoisuuksille on määrätty ympäristöluvassa raja-arvoja, joista osa on annettu yksittäistä näytettä koskien, ja osaa raja-arvoista verrataan vesistöön johdetun veden pitoisuuksista laskettuun virtaamapainotteiseen kuukausikeskiarvoon. Vuonna 2023 vesistöön johdettujen vesien virtaamapainotteiset kuukausikeskiarvot täyttivät lupaehdot kaikilta osin.

Myös yksittäisiä näytteitä koskevat pitoisuusraja-arvot alittuivat vuonna 2023 lähes kaikkien näytteiden osalta. Ainoastaan pH:n osalta tapahtui raja-arvon ylityksiä. Torvelansuon kautta on juoksetettu Kortelammella neutraloitua vettä, jossa on ollut keskusvedenpuhdistamolla käsiteltyyn veteen verrattuna korkeampi pH. pH ei ole ehtinyt tasoittua Torvelansuon altaalla, mistä syystä sieltä lähtevän veden pH on ollut yli 9. Torvelansuolta lähtevässä uomassa (Y33) veden pH:ta on seurattu jatkuvasti ja se on ollut välillä 6,5–8,2.

Vesistöön johdettavan veden laatua säädellään myös ympäristöluvassa vesistöön johdetulle vuosikuormitukselle säädetyin raja-arvoin. Purkuputken kautta Nuasjärveen johdetulle vedelle on lisäksi sulfaatin osalta annettu kuukausikohtaiset kuormitusraja-arvot. Vuonna 2023 vesistöön johdetut kokonaisvuosikuormitukset pysyivät raja-arvojen puitteissa purkuputken kautta johdetun kuormituksen osalta. Myös nk. vanhojen purkureittien osalta luparajat alittuivat kaikilta osin. Lisäksi purkuputken kautta Nuasjärveen johdetun veden kuukausittaiset sulfaattikuormitukset pysyivät kaikkina kuukausina päätöksen mukaisten raja-arvojen alapuolella.

### 3.2 Ilmapäästöjen tarkkailu

Malminkäsittelyn ilmapäästömittaukset tehtiin 15.-16.5.2023 ja 22.5.2023. Malminkäsittelyn poistokaasujen hiukkaspitoisuudet olivat alle raja-arvon.

Metallien talteenoton kohteiden ilmapäästömittaukset tehtiin 1.-3.8.2023 ja 3.-4.10.2023. Metallien talteenoton poistokaasujen pitoisuuksia verrattiin tarkkailusuunnitelmassa esitettyihin päästöraja-arvoihin. Tarkkailusuunnitelman H<sub>2</sub>S-pitoisuuden päästöraja-arvot perustuvat ympäristölupapäätöksen Nro 36/2014/1, Dnro PSAVI/58/04.08/2011 raja-arvoihin ja SO<sub>2</sub>-pitoisuuden koetoimintailmoituksesta annetun päätöksen Nro 13/2014/1, Dnro PSAVI/1723/04.08/2014 raja-arvoihin. Uudessa ympäristöluvassa Nro 87/2022, Dnro PSAVI/2461/2017 rikkivedyn raja-arvot ovat samat ja rikkidioksidipitoisuudelle ei ole asetettu raja-arvoa.

Metallien talteenoton poistokaasujen raskasmetalli-, SO<sub>2</sub>- ja rikkivetytypitoisuudet olivat alle raja-arvon lukuun ottamatta Nauhasuotimen poistokaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuutta elokuun 2023 mittauksissa. Lokakuun mittauskierroksella nauhasuodattimen poistokaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuus oli alle 2 mg/m<sup>3</sup>. Mittausten yhteydessä mitattiin myös pelkistyneiden rikkiyhdisteiden kokonaispitoisuus, joka oli kaikissa kohteissa alle H<sub>2</sub>S-pitoisuuden päästöraja-arvon.

Akkukemikaalitehtaan kohteiden ilmapäästämittaukset tehtiin 24.-28.4.2023, 2.-4.5.2023, 15.-16.8.2023, 21.-24.8.2023, 18.-19.9.2023, 9.-10.1.2024, 15.-17.1.2024 ja 22.-24.1.2023.

Akkukemikaalitehtaan vuoden 2023 mittauksissa kobolttisulfaatin kiteytyksen poistokaasun hiukkas- ja raskasmetallipitoisuudet ylittivät raja-arvot molemmilla mittauskierroksilla. Ammoniumsulfaatin kiteytyksen poistokaasun hiukkaspitoisuus ylitti raja-arvon ensimmäisellä mittauskierroksella elokuussa 2023. Nikkellisulfaatin kiteytyksen poistokaasun hiukkaspitoisuus ylitti raja-arvon molemmilla mittauskierroksilla ja poistokaasun raskasmetallipitoisuus oli yli raja-arvon mittauskierrosten ensimmäisten jaksojen osalta. Paineliuotuksen poistokaasun hiukkaspitoisuus ylitti raja-arvon tammikuun 2024 mittauksissa ja hiukkaspitoisuus raudanpoiston jälkeen ylitti raja-arvon elokuun mittauksissa.

Nikkeliuuton TVOC-pitoisuus ylitti raja-arvon huhtikuun mittauksissa.

Nikkeli-, koboltti- ja epäpuhtausuuton jatkuvatoimisille TVOC mittauksille tehtiin vertailut. Kalibroitifunktio määritettiin kobolttiuuton TVOC-mittaukselle (**Error! Reference source not found.**). Nikkeliuuton pitoisuudet olivat korkeat suhteessa raja-arvoon, joten sille ei määritetty QAL2-funktiota. Epäpuhtausuutossa pitoisuudet olivat alle epävarmuuskriteerin (30 % päästöraja-arvosta). Tällöin funktiona voidaan käyttää  $y = x$

## 4. PINTAVESIEN TARKKAILU

Terrafamen toiminnan purkuvesiä juoksutettiin alueelta vuonna 2023 kaikkiaan noin 10,1 Mm<sup>3</sup>. Purkuvesien yhteismäärä nousi edellisvuosista, vuonna 2022 kokonaismäärä oli noin 9,4 Mm<sup>3</sup>, vuonna 2021 8,9 Mm<sup>3</sup> ja vuonna 2020 8,0 Mm<sup>3</sup>.

Vuonna 2023 vedet johdettiin pääsääntöisesti (91,3 %) purkuputken kautta Nuasjärveen. Vuonna 2023 purkuvesien kokonaismäärä oli noin 10,1 Mm<sup>3</sup>, joista noin 0,8 Mm<sup>3</sup> johdettiin heinä-elokuussa ja loka-marraskuussa Latosuolta nk. vanhojen purkureittien kautta pohjoiselle ja joulukuussa noin 0,1 Mm<sup>3</sup> Torvelansuon kautta eteläiselle reitille.

Kaivospiirin ulkopuolisilta pieniltä järviltä ei havaittu ympäristölaatuunormin ylittäviä pitoisuuksia vuonna 2023, kuten ei myöskään vuosina 2021 ja 2022. Näillä järvillä kuten myös Jormas- sekä Nuasjärven rantavesinäytteiden tulokset olivat tavanomaisia vuonna 2023.

Pintavesien tarkkailu toteutui voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaisesti. Uusi tarkkailuohjelma, joka huomioi uuden ympäristöluvan sekä siihen liittyvät täydennykset on otettu kokonaisuudessaan käyttöön vuoden 2024 alusta alkaen.

### 4.1 Oulujoen vesistöalue

Nuasjärveen purkuputken kautta johdettavien vesien vaikutus näkyy etenkin purkuputkea lähimpien syvänteiden alusveden laadussa kohonneina sulfaatti- ja nikkeli- pitoisuuksina sekä sähköjohtavuuden nousuna. Suurimmat edellä mainittujen parametrien pitoisuudet ja sähköjohtavuudet havaittiin syvännepisteillä Nj23 ja Nj46. Näillä pisteillä mm. sulfaatti- ja nikkeli- pitoisuudet, sekä sähköjohtavuudet ovat alusvesissä olleet alkuvuosina 2022 ja 2023, talvikerrostuneisuuden aikaan noin kaksinkertaisia verrattuna vuoden 2021 vastaaviin tuloksiin. Terrafamen purkuvesimäärät ovat olleet hieman (noin 10%) suurempia parina viime talvena, mutta purkuputken johdettavan veden laadussa ei ole kuitenkaan tapahtunut merkittäviä muutoksia vuosien välillä. Havaittujen pitoisuustasonousujen taustalla on todennäköisesti Elementis Mineralsin Sotkamon kaivoksen purkuvedet, joiden jatkuvatoiminen purku Nuasjärveen aloitettiin uudelleen huhtikuussa 2021 noin kymmenen vuoden tauon jälkeen, jonka johdosta Nuasjärveen aiheutuu lisäkuormitusta mm. sulfaatin ja nikkelin osalta.

Vuosina 2010–2011, kun vesienjohtaminen Lahnaslammelta jäi tauolle, syvännepisteen Nj23 alusvesissä havaittiin sähkönjohtavuuksien laskeneen noin 30 mS/m. Talvina 2021-2022 ja 2022-2023 sähkönjohtavuuksissa on havaittu vastaavan tasoinen nousu.

Haitallisten ja vaarallisten aineiden osalta korkeimmat liukoisen nikkelin keskipitoisuudet mitattiin Härkäpurolta, jonka vuoden 2023 keskipitoisuus oli 127 µg/l (vuonna 2022 ka. 165 µg/l). Yksittäisten pitoisuuksien osalta liukoiset nikkelpitoisuudet ylittivät raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l jokaisella tarkkailukierroksella. Tämän myötä biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvoksi saatiin 28,9 µg/l, mikä ylitti ympäristölaatumormin (AA-EQS) 5 µg/l tason. Myös kadmiumin vuoden keskipitoisuus 0,54 µg/l (vuonna 2022 ka. 0,68 µg/l), ylitti (AA-EQS) 0,25 µg/l tason.

Kuusijoella yksittäisten näytteiden nikkelpitoisuudet ylittivät raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l kaikilla vuoden kierroksilla. Pitoisuudet vaihtelivat vuoden aikana välillä 37–130 µg/l ja vuoden keskiarvo oli 89 µg/l (vuonna 2022 ka. 114 µg/l). Vuosikeskiarvoksi biosaatavalle nikkelille saatiin tulos 14,3 µg/l (vuonna 2022 ka. 18,5 µg/l), mikä ylitti (AA-EQS) 5,0 µg/l tason. Kadmiumin osalta vuosikeskiarvo oli vuonna 0,53 µg/l (vuonna 2022 ka. 0,52 µg/l) ja ylitti vuosikeskiarvolle asetetun raja-arvon 0,25 µg/l. Vastaavia pitoisuuksia on mitattu Kuusijoelta myös aiempina vuosina.

Kivipurolla liukoisen nikkelin keskipitoisuus oli vuonna 2023 44,9 µg/l laskien huomattavasti vuoden 2022 keskiarvosta 98,0 µg/l (vuonna 2021 ka. 70,7 µg/l ja vuonna 2020 102,3 µg/l). Pitoisuudet vaihtelivat yksittäisillä kierroksilla välillä 33–65 µg/l (vuonna 2022 23-100 µg/l), yksittäisten näytteiden enimmäispitoisuudelle määritetty raja-arvo (MAC-EQS) 34 µg/l ylittyi muilla paitsi toukokuun tarkkailukierroksella. Pisteeltä ei määritetä DOC- tai TOC-pitoisuuksia, joten biosaatavuutta ei voida laskea. Kadmiumin keskipitoisuus 1,02 µg/l laski edelleen vuoden 2022 tuloksesta 1,25 µg/l (vuonna 2021 2,21 µg/l), kuten myös maksimipitoisuus 1,6 µg/l oli alle vuoden 2022 maksimin 2,5 µg/l. Edellä mainitut pitoisuudet ylittivät yksittäisille ja vuosikeskiarvolle määritetyt raja-arvot.

Pirttipurolla liukoisen nikkelin pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2023 välillä 14-47 µg/l, keskiarvon ollessa 27,5 µg/l, vuonna 2022 välillä 9,3-38 µg/l (ka 21,5 µg/l). Touko- ja kesäkuun kierroksilla mitattiin pitoisuudet 47 ja 54 µg/l, jotka ylittivät (AA-EQS) raja-arvon 34 µg/l. Pisteeltä ei määritetä DOC- tai TOC-pitoisuuksia, joten biosaatavuutta ei voida laskea. Kadmiumin keskipitoisuudet sen sijaan nousivat edelleen vuosien 2021 ja 2022 tasoista 0,27 ja 0,31 µg/l vuonna 2023 tasolle 0,36 µg/l ylittäen vuosikeskiarvolle asetetun raja-arvon 0,25 µg/l.

Elohopean pitoisuudet jäivät pääsääntöisesti tutkituilta osin määritysrajaa pienemmiksi. Uraanin osalta keskipitoisuudet vaihtelivat vesissä vuonna 2023 välillä <0,10–0,38 µg/l, ollen pääsääntöisesti alle määritysrajan. Suurimmat pitoisuudet mitattiin Kalliojärven alusvesistä, jossa yksittäiset pitoisuudet vaihtelivat vuoden aikana välillä 0,24–0,54 µg/l ja vuoden keskiarvo oli 0,38 µg/l. Vuonna 2023 tarkkailupisteiltä mitatut lyijypitoisuudet olivat pieniä, suurin yksittäinen pitoisuus 1,1 µg/l mitattiin Talvijoen pisteeltä elokuun kierroksella. Muilla tarkkailupisteillä yksittäisten näytteiden pitoisuudet jäivät tasoon alle 0,6 µg/l, ollen pääsääntöisesti alle määritysrajan <0,10 µg/l.

Terrafamen prosessivesissä esiintyy mangaania, joka saadaan pääosin poistettua vesienkäsittelyssä. Mangaania voi päätyä pintavesiin myös pohjan sedimentistä happitilanteen heikentyessä. Teollisuusalueelta varsinkin toiminnan alkuvaiheessa johdetussa vedessä on kuitenkin havaittu kohonneita mangaanipitoisuuksia. Maailman terveysjärjestö (WHO) on asettanut mangaanin ohjearvoksi pehmeissä vesissä 0,2 mg/l (200 µg/l). Ohjearvon mukaisten pitoisuuksien on arvioitu antavan suojan 95 %:lle eliölajeista 50 %:n varmuudella. Suomessa talousveden laatusuositus mangaanin osalta on vesilaitosten jakamassa vedessä <50 µg/l ja yksityiskaivoissa <100 µg/l. Pintavesissä laatusuosituksen ylittyminen on yleistä ja mangaanipitoisuus vaihtelee kuu-kausien välillä. Selvästi laatusuositusta korkeampia mangaanipitoisuuksia mitattiin aikaisempien tarkkailuvuosien tapaan Salmiselta, Härkäpurolta, Kuusijoelta ja Kalliojärveltä.

Pohjoisen, luontaiselle purkureitille vuonna 2023 vesiä johdettiin aikavälillä 27.7.–24.8. ja uudelleen aikavälillä 16.10.–16.11. Latosuon altaalta Kuusijokeen johdettiin vesi yhteensä noin 772 813 m<sup>3</sup>. Salmisen kunnostus käynnistyi heinäkuussa 2022, järven kunnostustyöt eivät ole olleet havaittavissa järven alapuolisilla pisteillä.

Yleisesti Oulujärven suunnan tulokset olivat yhteneväisiä vuosiin 2020–2022 vuonna 2023. Sulfaatti- ja nikkelpitoisuudet ovat tasoittuneet luontaisen purkureitin pisteillä ja Nuasjärven syvänteillä Nj23 ja Nj46 on nähtävissä eri kuormittajien yhteisvaikutuksia. Kokonaistyyppiä havaittiin vuotta 2022 runsaammin käytännössä kaikilla tarkkailupisteillä, tulokset olivat kuitenkin pääsääntöisesti yhteneväisiä aikaisempien tarkkailuvuosien pitoisuuksiin ja painottuen syyssateiden jälkeiseen aikaan, jolloin luonnonhuuhtoumat olivat kasvussa. Typpipitoisuuksien kasvu oli havaittavissa myös pisteillä, jotka eivät ole kaivosvesien vaikutuspiirissä. Osittain typpi-pitoisuuksien nousun taustalla voi olla myös Kortelammelle vuonna 2021 varastoidut ja vuonna 2023 sieltä

puretut typpipitoiset vedet, purkuvesien typpipitoisuuksien arvioidaan palautuvan tavanomaisille tasoilleen vuoden 2024 aikana. Vuoden 2023 neljännen kvartaalin näytteenottoa ei voitu kokonaisuudessaan toteuttaa sääolosuhteista johtuen isoilla vesistöillä mm. Nuasjärvellä. Syvänteillä olevien jatkuvatoimisten mittausasemien mukaan syyskierrot toteutuivat normaalisti ja kerrostuneisuus purkaantui myös syvänteellä Nj46 lokakuun alussa.

## 4.2 Vuoksen vesistöalue

Joulukuussa, aikavälillä 2.–20.12. vesiä johdettiin myös eteläiselle reitille Torvelansuon kautta yhteensä noin 98 395 m<sup>3</sup>. Vuoksen vesistön osalta vuoden 2023 tulokset olivat yhteneväisiä viime vuosien tuloksiin, reitin ylimmillä pisteillä Lumijärvi ja -joki, sekä Kivijärven syvänteellä Kiv10 alusvesissä oli havaittavissa kokonais-typpipitoisuuksien nousevaa suuntausta kuten Oulujärven suunnalla. Lumijärvellä pitoisuudet nousivat jo vuonna 2022 ja vuosien 2022 sekä 2023 huippupitoisuudet olivat yli aikaisempien tarkkailutulosten.

Kivijärven syväntepisteillä alusvesi on ollut pysyvästi kerrostunutta. Pisteellä Kiv2 kerrostuneisuus purkaantui syyskierron 2020 myötä ja vuosien 2022 sekä 2023 tulokset esimerkiksi sulfaattipitoisuuksien osalta ovat olleet yhteneväisiä koko vesipatsaan osalta, sekä huomattavasti pienempiä kuin aikaisempina vuosina. Toisella syväntepisteellä Kiv10 alusvedet ovat edelleen suolaantuneita ja melko hapettomia, mutta laskevaa trendiä sulfaattipitoisuuksissa ja nousevaa trendiä happisaturaatiossa on havaittavissa.

Yleisesti Vuoksen suunnan vesistöjen tila on parantunut viime vuosina ja Laakajärveltä eteenpäin vesistöjen pitoisuudet ovat käytännössä taustapitoisuuksien tasolla. Laakajärven ylimmällä pisteellä Laa9 on ollut havaittavissa alkuvuosien 2022 ja 2023 tarkkailukierroksilla sulfaattia hieman runsaammin kuin vuonna 2021. Pitoisuudet ovat indikoineet todennäköisesti purkuvesiä ja Kivijärvellä tapahtuvia muutoksia eli mahdollista kerrostuneisuuden purkautumista.

Vuonna 2023 Vuoksen suunnalta ei havaittu haitallisten ja vaarallisten aineiden osalta ympäristölaatumien ylittäviä pitoisuuksia. Tarkkailupisteiltä mitatut liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat yleisesti pieniä. Liukoisen nikkelin keskipitoisuudet vedessä vaihtelivat välillä 2,2–11,0 µg/l ollen vastaavia kuin vuosina 2020–2022. Korkein liukoisen nikkelin keskipitoisuus mitattiin edellisvuoden tapaan Ylä-Lumijärvestä, vuosikeskiarvon perusteella laskettu biosaatavan nikkelin pitoisuus oli kuitenkin vain 1,2 µg/l (vuonna 2022 2,7 µg/l), mikä alittaa selvästi raja-arvon (AA-EQS) 5,0 µg/l. Uraanipitoisuudet olivat pääosin pieniä, tarkkailupisteen Kiv10 alusvesistä uraania on havaittu läpi tarkkailun ja vuoden 2023 ka. 2,02 µg/l oli yhteneväinen aikaisempiin tarkkailuvuosiiin. Lyijyn osalta suurimmat yksittäiset pitoisuudet (0,75 ja 0,84 µg/l) mitattiin Lumijärveltä, pääsääntöisesti pitoisuudet olivat alle 0,3 µg/l. Biosaatavan lyijyn pitoisuudet jäivät tasoon <0,10 µg/l jokaisella tarkkailupisteellä.

Mangaanin osalta selvästi laatusuositusta (200 µg/l) korkeampia mangaanipitoisuuksia mitattiin aikaisempien tarkkailuvuosien tapaan Kivijärven syväntepisteen 10 alusvesistä (vuoden 2023 ka. 46000 µg/l, vuonna 2022 43500 µg/l) sekä Ylä-Lumijärveltä (vuoden 2023 ka. 4833 µg/l, vuonna 2022 3033 µg/l).

# 5. PINTAVESIEN BIOLOGINEN TARKKAILU

## 5.1 Piilevät

Nykyisen Terrafamen alueella on toteutettu piileväseuranta vuodesta 2008 lähtien ja vuodesta 2013 alkaen vuosittain. Piileväseuranta toteutettiin vuonna 2023 syyskuussa Tuhkajoessa sekä Kivijoessa. Piileväseurannan tarkoituksena on selvittää, onko tuotantoalueelta ja sen suunnasta tulevilla vesillä vaikutusta alapuolisten



vesistöjen piileväyhteisöihin. Piilevät ovat indikaattoreita vesistöjen ekologiselle tilalle, ravinteisuudelle sekä kuormitukselle ja niiden säännöllisellä seurannalla voidaan havaita mahdollisia muutoksia vesistöjen tilassa.

Suolaisuutta suosivia tai vaativia piileviä ei havaittu kummassakaan virtavesinäytteessä. Kivijoen vedenlaatu oli piilevälajiston perusteella lähinnä vähähumuksista ja vähä-keskiravinteista, ja Tuhkajoen vedenlaatu pääosin vähähumuksista ja vähäravinteista. Molemmilla näytepisteillä laskennallinen pH oli noin luokkaa 5,5. Näytteissä esiintyi lähinnä oligotrofisia ja laaja-alaisia ravinnevaatimuksia sekä humushappamuutta ilmentäviä lajeja, jotka saprobia-tasojen perusteella eivät kerro merkittävästä orgaanisesta kuormituksesta. Typpimetabolian perusteella Kivijoen näytteessä oli havaittavissa lievää kuormitusta, mutta Tuhkajoen näytteessä tätäkin vähemmän.

Kivijoen näytteessä runsaimmat taksonit olivat humushappamuutta suosivia *Eunotia*-suvun piileviä, lähinnä *Eunotia minor* lajia. Myös *Tabellaria*-suvun piilevien sekä ympäristövaatimuksiltaan laaja-alaisen ja kohonneita metallipitoisuuksia sietävän lajikompleksin *Achnanthydium minutissimum* esiintyvyys oli runsasta. Jonkin verran esiintyi myös *Gomphonema varioreduncum* lajia, joka ilmentää pääosin neutraaleja olosuhteita. Kaivoksen vaikutusta kuvaavaa ja menneinä vuosina havaittua (v. 2015: 15 % ja v. 2017: 1 %) suolaisten vesien piilevä-lajia *Diatoma moniliformis* ei havaittu, kuten ei myöskään edellisvuosina 2018–2023.

Tuhkajoen näytteessä havaittiin runsaina *Gomphonema varioreduncum*, *Eunotia minor* ja *Eunotia bilunaris* lajeja, sekä muitakin *Eunotia*-suvun lajeja. *Eunotia*-suvun runsaus ilmentää myös Tuhkajoen osalta humushappamia olosuhteita ja selittää havaitun alhaisen ACID-arvon. Suolaisuutta suosivaa ja kaivoksen vaikutusta kuvaavaa *Diatoma moniliformis* lajia ei havaittu. Lajia on tavattu aikaisempina vuosina yhä vähenevissä määrin (v. 2021: 0,5 %, v. 2020: 1,5 %, v. 2019: 3,6 %, v. 2018: 5 % ja v. 2015: 12 %).

Kivijoen ekologinen tila sijoittui IPS-arvon perusteella erinomaiseen laatuluokkaan ja TDI-arvo oli vähäravinteisella tasolla. Tuhkajoessa ACID-arvon sijoittuminen alimpaan happamuusluokkaan E esti vesistön ekologisen tilan arvioinnin.

Sekä Kivijoen että Tuhkajoen piileväyhteisöjen indeksiarvojen ilmentämä vedenlaadun kehitys tarkkailujaksolla 2008–2023 on ollut pääosin paranemaan päin tai palautumassa kohti luontaista tilaansa. Veden happamuutta indikoivissa ACID-arvoissa on kuitenkin ollut havaittavissa laskevaa suuntausta viimeisen kolmen vuoden aikana. Pintavesitarkkailun tuloksiin peilaten myös Tuhka- ja Kivijoelta mitatuissa pH-arvoissa havaitaan laskua viime vuosien aikana. Laskevat pH-arvot sekä ACID-arvot voivat kertoa vesistöjen palautumisesta kohti luontaista (turvemaiden) humushapanta tilaansa, erityisesti purkuputken siirron jälkeen sekä Vuoksen suuntaan puretun vähäisemmän vesimäärän vuoksi. On mahdollista, että matalammat ACID-arvot selittävät osin myös parantuneita indeksituloksia. Näyteistä määritetyt taksonimäärät eivät ole muuttuneet merkittävästi tarkkailun aikana.

## 6. KALATALOUSTARKKAILU

Vuonna 2023 kalataloustarkkailuun sisältyi kirjanpitokalastus Kolmisopilla, Jormasjärvellä ja Nuasjärvi-Rehjalla, sähkökoekalastukset Tuhkajoessa, verkkokoekalastukset Jormasjärvessä ja Laakajärvessä sekä kalojen metallipitoisuuksien tutkimuksia Laakajärvessä, Kivijärvessä, Kolmisopissa, Jormasjärvessä, Kiantajärvessä ja Teerijärvessä. Lisäksi tarkkailuohjelmaan kuului Jormasjärven kalastustiedustelu, joka muusta tarkkailusta poikkeavan aikataulun vuoksi raportoidaan erillisenä tästä raportista myöhemmin touko-kesäkuussa.

Kolmisopella kirjanpitokalastusta on harjoittanut tarkkailuhistorian aikana 1–2 kalastajaa ja kirjanpidon vuosittaiset pyyntiponnistukset ovat olleet pienehköjä. Vuonna 2023 Kolmisopella kalasti yksi kirjanpitokalastaja kätiskällä eri osissa järveä. Kolmisopen kirjanpitosaaalis on viime vuosina muodostunut lähinnä hauesta, ahvenesta ja särjestä. Kyseisten lajien yksikkösaaliit parantuivat vuosien 2014–2016 jälkeen ja saavuttivat sitä edeltäneen tason Kolmisopella, mutta vuoden 2023 saalis oli kaikkien lajien osalta heikko.

Kolmisopella kirjanpitokalastuksen yhteydessä raportoitiiin pyydysten likaantumisen kiihtymisestä. Pyydysten likaantumisen kiihtyminen ei todennäköisesti johtunut pelkästään juoksettavista vesistä, vaan yleisesti kesän olosuhteista ja erityisesti sateiden kasvattamista virtaamista. Etenkin kesälämpötiloissa seisovat pyydykset likaantuvat verrattain nopeasti mm. levätuotannon määrästä riippuen ja likaantumista voi edelleen lisätä virtausten kuljettama kiintoaine.

Jormasjärvellä kirjanpitokalastusta on harjoittanut 1–5 kalastajaa, ja vuonna 2023 tiedot saatiin kahdelta kalastajalta. Kalastus oli muodoltaan rysä- ja verkkokalastusta. Kuha, hauki ja ahven ovat olleet tarkkailun ajan Jormasjärven keskeisimpiä saalislajeja, joiden seuraan siika on viime vuosina tehnyt nousua. Vuosina 2021 ja 2023 myös lahnaaalis on ollut rysäkalastuksessa suuri. Jormasjärven kirjanpitokalastuksen kalasaaliilla on merkitystä vapaa-ajan ja kaupallisen kalastuksen kannalta. Kirjanpidon saaliit Jormasjärvellä ovat vaihdelleet mm. kaupallisen kalastuksen määrän vaihdellessa.

Vuonna 2023 Rehjalla oli kaksi kirjanpitokalastajaa, joista yksi harjoitti verkkokalastuksen lisäksi pienemmässä määrin vapakalastusta sekä katiskapyyntiä ja toinen rysäpyyntiä. Rysäpyynnin myötä Rehjan kirjanpitosaaliiin lajiosuudet muuttuivat, ja kuhan jälkeen eniten saatiin lahnaa sekä muikkua. Saaliiksi saatiin myös muita tavanomaisia lajeja, kuten ahventa ja madetta. Muikkusaalis oli tarkkailuhistorian korkein. Ennen vuotta 2021 muikkusaaliit olivat Rehjalla vähäisiä.

Verkkokoekalastukset tehtiin vuonna 2023 Jormasjärvellä ja Laakajärvellä. Pyyntiponnistus oli molemmissa järvissä 52 verkkoyötä. Jormasjärvellä koekalastuksen yksikkösaalis oli jokseenkin samalla tasolla kuin vuonna 2020. Laakajärvellä yksikkösaalis oli selvästi aiempaa suurempi ja etenkin ahvenen yksikkösaalis kasvoi edellisiin koekalastuksiin nähden. Laakajärven koekalastus tehtiin vuonna 2023 myöhemmin kuin aiempina tarkkailuvuosina, mikä saattoi jonkin verran lisätä saalismäärää. Molemmat koekalastusjärvet olivat selvästi ahvenkalavaltaisia ja petokalojen osuus saaliista oli korkea. Särkikaloja esiintyi edellisvuosien tapaan vähäisiä määriä.

Verkkokoekalastuksen tulosten perusteella Laakajärven tai Jormasjärven kalakannoissa ei ole tapahtunut selviä muutoksia viime vuosina, mikä puolestaan viittaa siihen, että Terrafamen ja sen edeltäjän toiminnalla ei ole ollut enää viime vuosina merkittävää vaikutusta ko. järvien kalastoon. Päätelmien liittyy kuitenkin kohtalaista epävarmuutta menetelmällisen virhevaihtelun ja aineistojen hitaan kertymän vuoksi, eikä toimintaa edeltävältä ajalta ole vertailukelpoista koekalastusdataa. Pelkästään verkkokoekalastusten perusteella ei voida myöskään arvioida luotettavasti vesistön kalataloudellista tilaa, vaan päätelmien tueksi tarvitaan myös tietoja kalastuksesta ja kalansaaliista.

Sähkökoekalastuksia toteutettiin vuonna 2023 kahdella Tuhkajoen vuosittaisen seurannan koealalla. Koealojen taimensaalis pieneni alemmalla koealalla parin vuoden takaiselle tasolle, mutta säilyi ylempällä koealalla korkeana. Kivisimppua saatiin alemmalla koealalla runsaasti saaliiksi ja sitä esiintyi myös ylempällä koealalla ensimmäistä kertaa. Taimenen yksilötiheydet olivat Tuhkajoen vuosittaisilla koealoilla alhaisimmillaan vuosina 2015–2017, minkä jälkeen taimentiheydet ovat kasvaneet selvästi. Osaltaan väliaikaisesti heikentyneeseen saaliiseen saattoivat vaikuttaa vuonna 2013 joessa tehdyt emokalapyynnit. Tuhkajoen sähkökalastusten perusteella joen taimenkanta on viime vuosina elpynyt, mikä viittaa siihen, että lupavelvollisen toiminnan vaikutukset eivät ole viime vuosina ainakaan voimistuneet.

Vuonna 2023 kalojen metallipitoisuuksien selvitykset laajennettiin koskemaan ympäristölupapäätöksen (87/2022) mukaisesti kuhaa ja madetta Laakajärvessä, Jormasjärvessä ja Kiantajärvessä. Em. järvistä metallipitoisuuksia selvitettiin myös haulelta ja ahvenelta. Kivijärvessä ja Kolmisopissa metallipitoisuuksia tutkittiin ahvenelta sekä Teerijärvessä ahvenelta ja haulelta.

Vuonna 2023 ahvenen, kuhan, hauen ja mateen elohopeapitoisuus ei ylittänyt tutkituilla kaloilla EU-asetuksen mukaista kauppakelpoisuusrajaa 0,5 mg/kg Laakajärvessä, Jormasjärvessä tai Kiantajärvessä. Kolmisopissa ja Kivijärvessä yksittäisten ahvenien elohopeapitoisuus oli suurempi kuin 0,5 mg/kg, mikä on tyypillistä pienille humusjärville. Vertailujärvenä toimineessa Teerijärvessä hauen elohopeapitoisuus ylitti kauppakelpoisuusrajan 1 mg/kg kolmella yksilöllä. Vuoden 2023 tulosten perusteella kalojen käyttökelpoisuus ei eronnut merkittävästi toisistaan Laakajärven, Jormasjärven tai Kiantajärven välillä.

Vesistöjen kemiallista tilaa arvioidaan ahvenen elohopeapitoisuuksien perusteella 15–20 cm:n mittaisista yksilöistä. Tarkkailun näyteahvenista mitatut elohopeapitoisuudet ovat useimmiten ylittäneet valtioneuvoston asetuksen 1308/2015 mukaisen taustapitoisuuden huomioivan ympäristölaatunormin (humusjärvet: 0,22 mg/kg, runsahumuksiset järvet: 0,25 mg/kg). Ympäristölaatunormin ylitykset ovat Suomen vesistöissä varsin yleisiä. Esimerkiksi vesimuodostumien kemiallisen tilan luokittelun yhteydessä elohopean laatunormin havaittiin ylittyvän noin joka toisessa suomalaisessa vesistöissä. Näiden vesistöjen kemiallisen tilan sanottiin siis olevan hyvää huonompi. Elohopean ympäristölaatunormi kalassa perustuu eliöiden, ei ihmisterveyden suojeluun (Kangas 2018).

Vuonna 2023 tehdyn laajan metallipitoisuustutkimuksen perusteella tarkkailujärvien kaloja voidaan käyttää elintarvikkeena yleisten ravitsemussuosituksen mukaisesti. Pienissä humusjärvissä, Kivijärvessä, Kol-

misopissa ja Teerijärvessä kalojen elohopeapitoisuuksien havaittiin olevan odotetusti suurempia kuin tilavuudeltaan suuremmissa tarkkailujärvissä Laakajärvessä, Jormasjärvessä tai Kiantajärvessä. Vertailujärvenä toimineen Kiantajärven hauen elohopeapitoisuudet olivat jonkin verran suurempia kuin Jormasjärvessä tai Laakajärvessä. Ahvenen osalta ko. järvien välillä ei havaittu merkittäviä eroja. Pienten järvien vertailujärvenä toimineessa Teerijärvessä ahvenien elohopeapitoisuus oli keskiarvona hieman pienempi kuin Kolmisopessa ja Kivijärvessä, jossa yksilöiden pitoisuuksien hajonta oli suurempaa kuin kahdessa muussa vesistössä.

Nykyisessä tilanteessa Terrafamen alueen vesiä juoksetetaan purkuputkella lähinnä Nuasjärveen, kun taas esim. Jormasjärveen ja Laakajärveen ei kohdistu enää juurikaan kuormitusvaikutuksia. Mikäli Terrafamalla tai tarkkailualueen muilla toiminnoilla olisi vaikutusta kalojen elohopeapitoisuuteen, vähäisiä pitoisuusmuutoksia näkyisi tulevaisuudessa luultavasti lähinnä Nuasjärvellä. Mikäli vesistön happitalous pysyy kuitenkin hyvänä, eikä voimakasta kerrostumista muodostu, tilanne säilynee todennäköisesti ennallaan tai muutokset eivät ylitä havaitsemiskynnystä. Alusveden happipitoisuuksien kehityksellä voi olla vaikutusta myös muiden tarkkailujärvien kalojen elohopeapitoisuuksiin. Jormasjärvellä havaittiin vähäisiä viitteitä kalojen elohopeapitoisuuksien pienentymisestä (erityisesti hauki) ja lisätietoa tästä saadaan jo aivan lähivuosina tutkimusaineistojen karttuessa.

Kalataloustarkkailun sisältöön on tullut useita muutoksia uuden ympäristölupapäätöksen ja ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailuohjelman päivityksen myötä. Aiempaan nähden on painotettu erityisesti kalojen metallipitoisuuksien seurantaa. Vuodesta 2024 alkaen kerättävien kalanäytteiden määrää kasvatetaan kaikkien lajien osalta kymmeneen yksilöön kaikissa tarkkailuvesistöissä. Vuoden 2024 tarkkailussa haasteena on edelleen uusien kalastuskirjanpitäjien rekrytointi ja kalastuskirjanpidon määrällisten tavoitteiden vakiinnuttaminen.

Uudessa tarkkailuohjelmassa kalastustiedustelujen kohderyhminä säilyivät ensisijaisesti kalastusluvan ostaneiden henkilöiden taloudet. Talvella 2024 toteutetun Jormasjärven kalastustiedustelun yhteydessä kuitenkin huomattiin, että kalastusluvan ostaneiden yhteystietojen saatavuudessa on edelleen ongelmia, eikä osalle vesialueita saatu yhteystietoja lainkaan juridisista syistä johtuen. Esimerkiksi Jormasjoen kalastajien yhteystietoja ei saatu, koska luvanmyynnin yhteydessä ei ole pyydetty suostumusta yhteystietojen luovuttamiseksi kolmannelle osapuolelle. Tulevissa kalastustiedusteluissa yhteystietojen saatavuudessa voi olla edelleen haasteita em. syistä johtuen ja tällöin yhteystietojen hankinta tehdään joko osin tai kokonaan kiinteistörekisteristä.

## 7. POHJAVESIEN TARKKAILU

### Pohjaveden pinnankorkeudet

Sivukivialueella lähimpänä Kuusilammen avolouhosta sijaitsevilla tarkkailuputkilla havaittiin vuonna 2022 pohjaveden keskimääräisten pinnankorkeuksien laskeneen noin 1,6–2,6 metriä. Vuoden 2023 ensimmäisellä ja toisella kvartaalilla laskevat trendit jatkuivat, palautuen vuoden kolmannella kvartaalilla lähelle vuoden 2021 syyskuun tasoa. Vuoden 2023 viimeisten pinnankorkeusmittausten mukaan alueen tarkkailuputken P17b pohjaveden pinnankorkeus oli n. 3,8 metriä ja tarkkailuputkella P21 n. 2,0 metriä vuoden 2022 marraskuun tason yläpuolella. Pisteellä P17b marraskuussa 2023 havaittu pinnankorkeus oli suurin, mitä tarkkailuhistorian aikana on mitattu ja pinnankorkeuden laskeva trendi on pysähtynyt. Tarkkailupisteellä P21 on myös vuoden viimeisten mittausten mukaan pinnankorkeudet kääntyneet nousuun, mutta marraskuun taso 220,41 mpy on vielä noin 1,6 metriä vuosien 2018–2021 keskimääräisen tason alapuolella. Edellä mainitut tarkkailuputket sijaitsevat saman, avolouhokseen päin suuntautuvan kallioperän ruhjeen läheisyydessä. Tarkkailuputkella P33 pohjaveden pinnankorkeus oli marraskuussa 2023 noin 1,2 metriä tarkkailuputken aikaisempien tulosten keskiarvon alapuolella, kuin muilla tarkkailupisteillä pinnankorkeudet olivat hieman nousussa. Tällä tarkkailupisteellä on havaittavissa tällä hetkellä laskevaa trendiä.

Primäärikentän alueella sijaitsevalla tarkkailuputkella P9b havaittiin marraskuussa 2023 pohjaveden pinnankorkeustulos 228,0 mpy, mikä oli noin 3,8 metriä normaalitason ja noin 7,2 metriä marraskuun 2022 tuloksen yläpuolella. Tällä tarkkailuputkella pinnankorkeuden vaihtelu on ollut useita metrejä myös aikaisemmin. Myös tarkkailupisteellä VA3 mitattiin marraskuussa poikkeava pohjaveden pinnankorkeus 210,8 mpy, mikä oli noin 3,0 metriä normaalitason yläpuolella. Pohjaveden pinnankorkeus on ollut tällä tarkkailupisteellä aikaisemmin tasaisesti välillä 207,5–208,2 mpy.

Sekundäärikentän alueen itäpuolella, lähimpänä Kuusilammen avolouhosta sijaitsevalla tarkkailupisteellä P18 pohjaveden pinnankorkeudessa oli havaittavissa laskeva suuntaus syksystä 2021 kesäkuuhun 2023 asti. Vuoden 2023 kolmannen kvartaalin kierroksella pinnankorkeudeksi mitattiin tulos 207,30 mpy, mikä on korkeampi kuin aikaisempina syksyinä mitattu. Tämän vuoden näytteenotto toteutettiin 3.10. kun aikaisempina vuosina näyte on haettu elokuun lopulla, joten tulos luonnehtii luontaista, syyssateiden jälkeistä tilaa, eikä ole suoraan vertailukelpoinen aikaisempiin tarkkailutuloksiin. Myös tarkkailupisteellä P19 pohjaveden pinnankorkeus oli korkeammalla tasolla kuin aikaisempina syksyinä on mitattu, johtuen edellä mainitusta myöhäisestä näytteenottoajankohdasta.

Tarkkailupisteellä P6 on ollut havaittavissa vuosina 2022 ja 2023 keskimääräisen pohjaveden pinnan olevan noin 1,0–1,5 metriä alempana kuin aikaisempina tarkkailuvuosina. Loppuvuodesta 2023 laskeva suuntaus näyttäisi olevan voimistumassa ja marraskuussa mitattiin tarkkailuhistorian alin pinnankorkeus 202,88 mpy, kun luontaisen kierron mukaan pohjaveden pinnankorkeus pitäisi olla vielä marraskuun alussa keskimääräisen tason tuntumassa. Aikainen talventulo syksyllä 2023 voi selittää osittain suuntausta.

Muilla alueilla pohjaveden pinnankorkeudet olivat tavanomaisilla tasoillaan.

### **Analyytitulokset:**

#### **Sivukivialue**

Lähimpänä Kuusilammen avolouhosta, geotuubien vierellä pintamaan läjitysalueella sijaitsevalla pohjavesiputkella P21 pitoisuustasot nousivat sulfaatin, sähkönjohtavuuden sekä metallien osalta kesällä 2020. Nouseva trendi jatkui vuoteen 2022, jolloin mitattiin keskimäärin nikkeliä (10698 µg/l), alumiinia (16020 µg/l) ja sulfaattia (4450 mg/l). Vuoden 2023 tulosten perusteella (Ni 4075 µg/l, Al 3891 µg/l ja SO<sub>4</sub> 2725 mg/l) edellä mainitut pitoisuudet ovat laskeneet ja ovat tällä hetkellä alle vuoden 2022 vastaavan ajankohdan tulosten, joten pidempiaikaiset trendit ovat laskussa.

Edellisessä kappaleessa esitettyjä vastaavia muutoksia on havaittavissa myös tarkkailupisteeltä P21 etelään sijaitsevalla tarkkailupisteellä P17b. Tällä tarkkailupisteellä keskeiset pitoisuudet (sähkönjohtavuus, sulfaatti ja nikkeli) ovat huomattavasti pienempiä kuin tarkkailupisteellä P21, mutta pitoisuuksissa on edelleen nouseva suuntaus, vaikkakin vuoden 2023 syys- ja marraskuun kierroksella pitoisuustasot olivat pääsääntöisesti alle kesäkuun kierroksen tulosten. Tarkkailuputket P17b ja P21 sijaitsevat kallioperän ruhjeiden välittömässä läheisyydessä, joiden veden johtavuuden gradientti on avolouhokseen päin. Näyttäisi siltä, että avolouhoksella on kuivattavaa vaikutusta kyseisten tarkkailupisteiden alueella ja pohjavesien kertymisolosuhteet ovat muuttumassa.

Putkella P24 mm. sähkönjohtavuudessa sekä sulfaatti-, nikkeli-, mangaani-, rauta-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksissa oli havaittavissa nousua vuoden 2022 aikana ja suurimmat pitoisuudet mitattiin huhtikuun 2023 kierroksella. Loppuvuoden 2023 aikana edellä mainittujen parametrien pitoisuudet laskivat pääsääntöisesti tasoille, joita on mitattu tarkkailuputkelta vuonna 2020.

Tarkkailuputkella P29 kloridi- ja sulfaattipitoisuudet sekä metalleista kadmium-, koboltti-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet olivat nousussa loppuvuodesta 2022. Vuonna 2023, varsinkin syys-marraskuun aikana pitoisuudet laskevat jyrkästi, esimerkiksi nikkelpitoisuus laski kesäkuun arvosta 230 µg/l syyskuussa arvoon 5,4 µg/l ja sulfaattipitoisuus arvosta 61 mg/l arvoon 8,8 mg/l ja pitoisuudet ovat tällä hetkellä alle tarkkailupisteen keskimääräisten tasojen. Lähempänä sivukivialuetta sijaitsevalla tarkkailuputkella P25 vastaavia muutoksia ei ole ollut havaittavissa, pitoisuuksien pysytellessä melko matalina.

Maapohjavesiputkella P33 havaittiin marraskuun 2022 ja huhtikuun 2023 tulosten perusteella vesinäytteiden pH-arvojen nousseen kesän 2022 tasolta noin 3,5 huhtikuuhun 2023 mennessä tasolle 6,4. Vastaavana aikana myös kloridipitoisuudet nousivat tasolta noin 2 mg/l tasolle 18 mg/l, mutta pääsääntöisesti kaikkien muiden parametrien pitoisuudet laskivat. Kesä- ja syyskuun 2023 kierroksilla pH-arvot olivat palautuneet kesän 2022 tasoille 3,2–3,3, kuten myös kloridipitoisuus arvoon 2,9 mg/l, mutta marraskuussa pH-arvo (5,0) ja kloridipitoisuus (4,1 mg/l) olivat pienoisessa nousussa. Veden happamuuden pienentyessä metallipitoisuudet pääsääntöisesti laskivat jälleen marraskuun kierroksella, mikä oli havaittavissa myös huhtikuun kierroksella. Putken siiviläosuus alkaa heti turvekerroksesta, näin ollen putkelle voi kerääntyä alueen hulevesiä.

Tarkkailupisteellä P27 havaittiin marraskuun kierroksella sulfaattia pitoisuus 90 mg/l, mikä oli huomattavasti yli pisteen normaalitason noin 8 mg/l, samalla myös sähkönjohtavuus nousi tasolle 38 mS/m. Pisteellä on ollut havaittavissa sulfaattipitoisuuksissa nousevaa suuntausta elokuusta 2022 alkaen. Muissa parametreissa ei

ole ollut havaittavissa vastaavia muutoksia. Putkella P30 on havaittavissa sulfaatti-, typpi- ja metallipitoisuuksissa sekä sähkönjohtavuudessa pidempiaikaista laskevaa trendiä.

Muilla alueen tarkkailupisteillä tulokset olivat yhteneväisiä aikaisempiin kierroksiin, huomioiden luontaisen, näytteenoton ajankohdasta riippuvan hajonnan.

### **Tehdasalue ja primäärkenttä**

Primäärkenttän keskikaistan tarkkailuputkien TF1 ja TF2, sekä uuden tarkkailuputken TF3 näytteiden analyysitulokset erottuvat alueen muista tarkkailupisteistä pitoisuustasojensa vuoksi. Esimerkiksi näiden näytteiden pH-arvot ovat alhaisempia (3,0–4,1 pH) ja metallipitoisuudet yli kymmenkertaisia muihin alueen pohjavesiputkiin verrattaessa. Yhtiö suorittaa myös velvoitetarkkailua täydentävää tarkkailua edellä mainituilla tarkkailupisteillä, sekä putkilta P7 ja P8 niinä kuukausina, kun kyseisillä pohjavesiputkilla ei ole velvoitetarkkailun näytteenottoa. Yhtiön omat näytteet analysoidaan Terrafamen akkreditoimattomassa laboratoriossa. Yhtiön ottamien näytteiden tulokset olivat metallipitoisuuksien osalta tasoltaan ja trendeiltaan yhteneväisiä velvoitetarkkailun tuloksiin. Tarkkailupisteillä TF1, TF2 ja P7 yhtiön oman laboratorion sulfaatti- ja sähkönjohtavuustulokset olivat tasoltaan pienempiä kuin velvoitteen yhteydessä otetuissa näytteissä, trendeiltaan tulokset olivat kuitenkin vastaavia.

Alueen TF-pisteistä, primäärkenttän pohjoispään tarkkailupisteellä TF1 on havaittavissa edelleen useiden parametrien, kuten sulfaatin, sähkönjohtavuuden ja metallien (Al, Co, Ni ja U) pitoisuuksissa nouseva suuntaus. TF1 pisteeltä ei saatu velvoitetarkkailunäytettä vuoden viimeisellä kvartaalilla. Nouseva suuntaus pitoisuuksissa oli havaittavissa kesään 2023 asti myös uusimmalla, kentän eteläpään TF3-pisteellä, tosin pitoisuustasot ovat kertaluokkaa pienempiä kuin tarkkailupisteellä TF1. Syys- ja marraskuun 2023 näytteiden perusteella pitoisuudet ovat kääntyneet laskuun.

Tarkkailupiste P1 sijaitsee keskellä toimintoja, tehdasalueen ja primääriliuotuskenttien välissä ja tarkkailupiste kuuluu myös akkukemikaalitehtaan tarkkailuun. Akkukemikaalitehtaan tarkkailuun liittyen pisteen näytteistä määritetään TOC- ja TVOC- sekä kokonaisfosforipitoisuus, joiden perusteella voidaan havaita mahdolliset prosessikemikaaleista pohjaveteen aiheutuvat vaikutukset. Vuoden 2023 tulosten perusteella vaikutuksia ei ole ollut havaittavissa.

Tarkkailupisteellä P16 havaittiin huhtikuun 2023 kierroksella sulfaattipitoisuus 62 mg/l, kun aikaisempi taso on ollut <3,0 mg/l, samalla myös sähkönjohtavuus nousi tasolle 17 mS/m. Muissa määritetyissä parametreissa ei havaittu muutoksia. Syyskuun kierroksella sulfaattipitoisuus oli laskenut arvoon 11 mg/l, kun taas metallipitoisuudet olivat nousseet, esimerkiksi nikkelpitoisuus tasolta noin 1,0 µg/l pitoisuuteen 13 µg/l. Pisteellä on havaittu vastaavaa pitoisuusvaihtelua myös aikaisempina vuosina, kun taas viereisen tarkkailupisteen P16b pitoisuudet ovat pysytelleet tavanomaisen pieninä. Tarkkailupisteen P16 läheisyyteen on rakennettu uusi tieyhteys, joka voi olla hetkellisten pitoisuusvaihtelujen taustalla.

### **Analyysitulokset primäärkenttän tarkkailua täydentäviltä pohjavesiputkilta**

Primäärkenttän länsipuolelle kesällä 2019 asennetuilta, tarkkailua täydentäviltä pohjavesiputkilta VA1-VA6 näytteet otetaan 4 kertaa vuodessa ja analyysipaketti on suppeampi kuin muilla tarkkailupisteillä. Vuoden 2023 tulokset olivat yhteneväisiä aikaisempiin tarkkailutuloksiin. Tarkkailuputkella VA4 mitattiin kesäkuussa nikkelpitoisuus 15 µg/l, mikä oli yli tarkkailupisteen normaalitason (2,0 µg/l), syyskuussa pitoisuus oli palautunut arvoon 1,3 µg/l. Lyhytaikaista pitoisuusnousua selittää läheiseen ojaan tehdyt kunnostustoimet virtaussuunnassa yläpuolisen EM-altaan kunnostuksen yhteydessä kesällä 2023.

### **Kortelampi**

Yleisesti alueen tarkkailupisteillä FID5, Kipsi3, Korte1Maa ja Korte1Kallio keskeiset pitoisuudet ovat olleet viime vuodet tasaisen pieniä, luonnehtien alueen taustapitoisuuksia. Tarkkailuputkien R5 ja Korte2Maa vesinäytteiden tulosten mukaan keskeisissä (sähkönjohtavuus, sulfaatti, nikkeli, natrium ja koboltti) pitoisuuksissa on edelleen laskeva suuntaus, suuntaus on alkanut vuonna 2018. Näiden kahden putken pitoisuudet ovat edelleen korkeammat kuin muiden alueen tarkkailupisteiden, mutta laskeva suuntaus on huomattava ja systemaattinen. Myös tarkkailupisteellä FID28 sulfaattipitoisuudet sekä sähkönjohtavuus ovat laskeneet vuodesta 2020 alkaen. Tarkkailupisteellä Korte3Maa keskeiset pitoisuudet ovat olleet vuodet 2020–2023 selvästi alle vuosien 2014–2018 tulosten. Viereisellä kallioperäputkella Korte3Kallio sen sijaan sulfaattipitoisuudet ja sen kautta sähkönjohtavuudet ovat olleet pienoisessa nousussa viime vuodet.

### **Kipsisakka-altaat**

Kipsisakka-altaan ympäristön pohjaveden tarkkailupisteiden keskeiset pitoisuudet olivat vuonna 2023 yhteneväisiä aikaisempiin tuloksiin. Ainoana poikkeuksena oli nähtävissä tarkkailupisteen R0 sulfaattipitoisuuksien kehitys. Tällä tarkkailupisteellä sulfaattipitoisuuden nouseva suuntaus käynnistyi syksyllä 2020. Sulfaattipitoisuuksien noustessa myös sähkönjohtavuus on noussut, muissa parametreissa ei ole havaittavissa samankaltaisia muutoksia.

Putkelta Kipsi2 tehdään TOC- (orgaanisen kokonaishiilen määrä), TVOC- (haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus) sekä kokonaisfosforianalyysit akkukemikaalitehtaan tarkkailuohjelman mukaisesti. Mahdollisia tehtaan aiheuttamia muutoksia tuloksissa ei ole havaittu.

### **Sekundäärilentä**

Sekundäärilentän kaakkoiskulmalla sijaitsevan putken P5 läheisyydessä tehtiin syksyllä 2020 kaukolämpölinjan kaivuutöitä ja rakennettiin uusi tieyhteys kesällä/syksyllä 2022. Töiden jälkeen mitattiin muista alueen pohjavesiputkista, sekä historiatiedoista poikkeavia tuloksia mm. sulfaattipitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa. Suurimmat tulokset havaittiin elo-syyskuussa 2021, jonka jälkeen vuonna 2022 edellä mainitut pitoisuudet olivat laskussa. Lasku jatkui vuoden 2023 ensimmäisten näytteiden tulosten myötä ja sulfaatti- sekä sähkönjohtavuustulokset olivat yhteneväisiä vuosien 2017–2019 kevään tuloksiin. Syyskuussa 2023 sulfaattipitoisuus ja sähkönjohtavuus olivat jälleen nousussa, ollen yli syksyn 2022 tasojen. Metallit määritetään tältä tarkkailupisteeltä vain kerran vuodessa, kolmannella kvartaalilla. Syyskuun 2023 tulosten mukaan tarkkailupisteen nikkeli-, koboltti- ja uraanipitoisuudet olivat jyrkässä nousussa.

Tarkkailuputken P6 kloridipitoisuuksissa oli voimassa nouseva trendi syyskuun vaihteeseen 2022 asti, jolloin mitattiin tarkkailupisteen huippupitoisuus 79 mg/l. Huhtikuussa 2023 kloridipitoisuudet olivat laskeneet pitoisuuteen 45 mg/l ja edelleen syyskuussa pitoisuuteen 4,4 mg/l, mikä on tarkkailuputken normaalitaso. Myös sulfaattipitoisuudet ja sähkönjohtavuus laskivat loppuvuoden 2023 aikana normaalitasoilleen. Sen sijaan kionaistyyppipitoisuus oli vielä syyskuun kierroksella jyrkässä nousussa, marraskuun vesinäytteestä tyyppiä ei analysoitu. Tuloksiin voi vaikuttaa putken läheisyydessä sijaitsevan Malmtien suolaus.

Putkella P18 oli havaittavissa vuosina 2021 ja 2022 mm sulfaattipitoisuuden nousua ja pH-arvon laskua. Putken lähetyville rakennettiin uusi tieyhteys (Rahvaantie), jonka rakenteissa on käytetty alle 0,3 % rikkiä sisältävää kiilleliusketta. Kiilleliusketta oli tien rakentamisen yhteydessä levitetty myös pohjavesiputken ympärille. Kiviaines poistettiin putken ympäriltä marraskuussa 2021. Kiilleliuskeesta voi liueta metalleja ja sulfaattia, mutta yleensä vähemmän kuin mustaliuskeesta. Vuoden 2023 tulosten perusteella oli havaittavissa, että edellä mainitut pitoisuudet ovat palautumassa kohti normaalitasojaan.

Tarkkailupisteillä P13 ja P19 on havaittavissa hienoinen pidempiaikainen sulfaattipitoisuuksien nouseva trendi, joskin pitoisuudet olivat laskussa syyskuun kierroksella. Sähkönjohtavuudessa nouseva kehitys jatkui sen sijaan edelleen, kuten tarkkailupisteen P13 osalta myös nikkeli- ja kionaistyyppipitoisuuksissa. Tarkkailupisteen P13 lähellä on tehty Hoikkalammen kuivattamiseen liittyviä töitä vuoden 2022 loppupuolelta alkaen. Pisteellä P19 havaittuja muutoksia voi selittää putken sijainti lähellä Rahvaantietä ja Oririnteen tarvekiven murskauspaikkaa.

### **Rimpilänniemi**

Pohjaveden pinnankorkeudet alueella ovat pysyneet keskimäärin tasaisina, vaikkakin vaihteluväli voi olla useita metrejä kierrosten välillä. Suuret pinnankorkeuden vaihtelut ovat tyypillisiä hyvin vettä johtavilla alueilla ja kertovat lähinnä mittausajankohtien, sekä sitä kautta vuodenkierron ja vuosien eroavaisuuksista.

Vedenlaatua on tarkkailtu RP1- ja RP2 putkilta, sekä vedenottamolta kerran vuodessa otettavilla vesinäytteillä, vuoden kolmannella kvartaalilla. Lokakuussa 2023 haettujen näytteiden tulokset luonnehtivat luontaista ympäristöään ja olivat yhteneväisiä aikaisempien syksyjen tuloksiin. Tarkkailupisteiden tuloksissa ei ole ollut havaittavissa Nuasjärven pintavesien vaikutusta.

### **Talousvesikaivot**

Paavolan talousvesinäytteiden nikkelpitoisuudet ovat ylittäneet talousvesiasetuksen (STM 1352/2015) laatuvaatimustason 20 µg/l yleisesti läpi tarkkailun. Huhtikuussa 2023 mitattiin pitoisuus 19 µg/l ja syyskuussa pitoisuus 20 µg/l. Nikkelpitoisuudet ovat vaihdelleet vuosina 2008–2023 välillä 17–54 µg/l ja pitoisuuksissa on havaittavissa lievää laskevaa trendiä vuositasolla. Kaivoveden pH-arvot ovat myös olleet hieman suositustason (6,5–9,5) alapuolella läpi tarkkailun, vuonna 2023 pH-arvot ovat olleet 6,2 ja 6,1. Muiden parametrien osalta laatuvaatimukset ja -suositukset täyttyivät.

Taattolan talousvesikaivolta mitattiin huhtikuussa nikkelpitoisuus 27 µg/l ja syyskuussa pitoisuus 25 µg/l, mitkä ylittävät (STM 1352/2015) laatuvaatimuksen (20 µg/l) tason. Kaivon nikkelpitoisuuksissa on havaittavissa nousua trendiä, kehitys alkoi vuoden 2022 huhtikuussa. Muilta osin kaivon tulokset täyttivät talousvesille määritetyt laatuvaatimukset ja -suositukset (STM 1352/2015), ollen yhteneväisiä edellisiin tarkkailuvuosiin.

Lampilan talousvesinäytteen väriluku on yleisesti ollut tarkkailun aikana yli laatusuosituksen 5,0 mg Pt/l tason, huhtikuussa väriluvuksi mitattiin tulos 6,0 mg Pt/l ja syyskuussa 5,7 mg Pt/l. Muuten vesinäytteestä määritetyt pitoisuudet täyttivät vaatimukset ja suositukset.

Myllyniemen syyskuun näyte oli samea, sameus 4,4 NTU (suositus 1,0 NTU) ja väriluku 40 mg Pt/l (suositus 5 mg Pt/l). Kaivo on niin sanottu hetekaivo, joka on varsin herkkä pintavalunnoille. Syyskuun näytteenoton aikaan todennäköisesti kaivoon on päätynyt humuspitoisia pintavaluntoja runsaiden sateiden jälkeen, jonka johdosta rautaa, mangaania, alumiinia ja nikkeliä havaittiin suosituksia ja vaatimuksia suurempia määriä, myös COD<sub>mn</sub>-pitoisuudet ylittivät suositustason. Vastaavia yksittäisiä ylityksiä on havaittu myös aikaisempina tarkkailuvuosina.

Pappilan talousvesinäytteen pH-arvot ovat olleet tarkkailun aikana yleisesti alle laatusuosituksen (pH 6,5–9,5) tason, huhtikuussa mitattiin pH-arvo 6,3 ja syyskuussa arvo 6,1. Muuten pitoisuudet täyttivät vaatimukset ja suositukset.

Sorsalan, Hakorannan ja Heterannan talousvesinäytteet täyttivät talousvesille määritetyt laatuvaatimukset ja -suositukset (STM 1352/2015) vuoden 2023 kierroksilla.

## 8. PÖLYLASKEUMAN TARKKAILU

Terrafamen pölylaskeumaa tarkkailtiin vuonna 2023 yhteensä 22 tarkkailupisteestä, joista kaivospiirin alueella oli 8 pistettä ja 14 pistettä kaivospiirin ulkopuolella. Tarkkailun kattavuus on tulosten mukaan hyvä. Toiminnan vaikutukset olivat nähtävissä kaivospiirin sisäpuolella olevissa tarkkailupisteissä, joissa laskeuman epäorgaanisen aineksen ja metallien määrät ovat pääosin korkeammat kuin kaivospiirin ulkopuolella.

Vuonna 2023 kiintoainelaskeumat jäivät pääosin entisen viihtyvyyshaittarajan (10 g/m<sup>2</sup>/kk) alapuolelle, lukuun ottamatta ja myös edellisvuosien tapaan kesäaikana havaittuja kohonneita arvoja. Touko-syyskuun aikana kokonaislaskeuma ylitti edellä mainitun viihtyvyytason näytepisteillä pöly1, pöly12, pöly14, pöly4, pöly6, pöly7 ja pöly16. Vuoden suurimmat, yli 20 g/m<sup>2</sup>/kk kokonaispitoisuudet mitattiin toukokuussa pisteeltä pöly12 (24 g/m<sup>2</sup>/kk) ja elokuun kierroksella pisteiltä pöly6 (25 g/m<sup>2</sup>/kk) ja pöly7 (24 g/m<sup>2</sup>/kk). Toukokuun näyte pisteeltä pöly12 oli epäorgaanista, elokuun korkeahkot kiintoainepitoisuudet pisteillä pöly6 ja pöly7 koostuivat pääosin orgaanisesta aineksesta, joka ei ole peräisin Terrafamen toiminnasta. Kesäaikana laskeumanäytteiden sisältämä orgaaninen aine koostuu mm. hyönteisistä, siitepölystä ja muusta kasvimateriaalista. Kasvukauden ulkopuolella ei havaittu yhdeltäkään tarkkailupisteeltä rajan 10 g/m<sup>2</sup>/kk ylittävää kiintoainelaskeuma kokonaisuutena.

Vuoden 2023 kiintoainelaskeuman vuosikeskiarvo nousi merkittävästi pisteellä pöly12. Tällä pisteellä toukokuun poikkeavan tuloksen 24 g/m<sup>2</sup>/kk lisäksi kiintoainelaskeumamäärät olivat heinä-, loka- ja marraskuussa tasolla >7 g/m<sup>2</sup>/kk, mitkä olivat pisteelle epätyypillisiä. Tarkkailupiste sijaitsee keskellä toimintoja primääri- ja sekundäärialueiden välisellä alueella, uuden sivukivialueen KL1 itäpuolella. KL1-alueen maarakennustyöt on aloitettu talven 2022–2023 aikana. Pisteeseen vaikuttaa osaltaan myös viereinen primäärikenttä, jossa malmia on käsitelty aikaisempia vuosia enemmän.

Laskeumanäytteiden hehkutusjäännös (epäorgaaninen aine) kuvaa toiminnan vaikutuksia paremmin kuin kiintoainelaskeuma, koska kiintoaine sisältää epäorgaanisen aineksen lisäksi myös orgaanista materiaalia, joka on lähtöisin muusta kuin yhtiön toiminnasta. Suurimmalla osalla tarkkailupisteistä yksittäisten laskeumanäytteiden epäorgaanisen aineksen määrässä ei havaittu merkittäviä muutoksia tai poikkeamia viimeisten vuosien tuloksiin verrattuna. Merkittävänä muutoksena edellisvuosiin oli tarkkailupisteen pöly12 poikkeavat tulokset huhtikuusta 2023 lähtien. Huhtikuussa mitattiin pisteeltä kokonaislaskeumamääräksi 6,9 g/m<sup>2</sup>/kk ja touko-

kuussa vuoden suurin pitoisuus 24 g/m<sup>2</sup>/kk, nämä kumpikin näyte olivat käytännössä kokonaan epäorgaanista, kuten myös pääosin marras- ja joulukuun näytteissä, jolloin kiintoaineen hehkutusjäännökset olivat 4,1 ja 7,0 g/m<sup>2</sup>/kk.

Kun tarkastellaan hehkutusjäännöksen eli epäorgaanisen aineksen osuutta kiintoainelaskeumasta huomataan, että kaivospiirin alueella epäorgaanisen aineksen osuus kiintoainelaskeumasta on keskimäärin korkeampi kuin kaivospiirin ulkopuolella. Kaivospiirin alueella hehkutusjäännöksen osuudet olivat vuonna 2023 44–76 % kiintoainelaskeumasta ja kaivospiirin ulkopuolella 9–47 %, kun jätetään huomioimatta uudet pisteet pöly22-26, joiden tarkkailu aloitettiin joulukuussa 2023.

Vuonna 2023 metallien laskeumatulokset olivat pääosin yhteneväisiä aikaisempiin tarkkailuvuosiin, pois lukien tarkkailupisteen pöly12 tulokset, ja pääsääntöisesti laskien vuoden 2022 tuloksista. Metallien osalta laskeumasta havaittiin yleisemmin rautaa (max 454 mg/m<sup>2</sup>/kk) ja rikkiä (max 265 mg/m<sup>2</sup>/kk). Muiden metallien maksimipitoisuudet vuonna 2023 olivat: sinkki (19 mg/m<sup>2</sup>/kk), nikkeli (7,7 mg/m<sup>2</sup>/kk), kupari (3,2 mg/m<sup>2</sup>/kk), koboltti (0,4 mg/m<sup>2</sup>/kk) ja uraani (0,15 mg/m<sup>2</sup>/kk).

Tarkkailupisteellä pöly12 oli havaittavissa kiintoainelaskeuman nousun tapaan, nousua metallilaskeuman osalta kobolttin, sinkin ja raudan laskeumissa. Suurin nousu vuonna 2023 pisteeltä havaittiin rauta-, koboltti- ja uraanilaskeuman tuloksissa, jotka kaksinkertaistuivat vuoden 2022 tuloksista eli rautalaskeuma nousi tasolta 198 mg/m<sup>2</sup>/kk tasolle 454 mg/m<sup>2</sup>/kk, koboltilaskeuma tasolta 0,28 mg/m<sup>2</sup>/kk tasolle 0,40 mg/m<sup>2</sup>/kk ja uraanilaskeuma tasolta 0,08 mg/m<sup>2</sup>/kk tasolle 0,15 mg/m<sup>2</sup>/kk.

Uraanipitoisuuksia havaittiin yli menetelmän määräysrajan (0,5 µg/l) pitoisuuksia vain 4/79 näytteestä vuoden aikana, vuonna 2022 määräysrajan ylittäviä pitoisuuksia havaittiin 15:sta näytteestä. Määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia todettiin kaivospiirin sisällä sijaitsevilta pisteiltä pöly1 joulukuussa 1,4 µg/l ja edellisessä kappaleessa mainitulla pisteellä pöly12 maaliskuussa (5,6 µg/l), kesäkuussa (1,3 µg/l) ja joulukuussa (2,4 µg/l). Kaivospiirin ulkopuolella uraania ei laskeumanäytteissä havaittu vuonna 2023.

Rikkilaskeuman osalta vuonna 2023 suurimmat laskeumat kaivospiirin ulkopuolelta mitattiin pääsääntöisesti kesäkuun näytteistä ja rikkiä havaittiin kaikista ilmansuunnista. Vuoden 2023 korkein yksittäinen rikkilaskeuma (539 mg/m<sup>2</sup>/kk) havaittiin kesäkuussa Hakosen itäpuolella Taattolan pihapiirissä sijaitsevalla tarkkailupisteeltä pöly4 ja vuodelle laskettu keskiarvo 158 mg/m<sup>2</sup>/kk oli korkein mitä tarkkailupisteeltä on mitattu, vaikka muilla vuoden kierroksille rikkilaskeumatulokset olivat tällä pisteellä tavanomaisia vaihdellen välillä 26-35 mg/m<sup>2</sup>/kk. Joulukuussa 2023 tämän pisteen korvasi tarkkailupiste pöly24, joka sijaitsee kauempana kiinteistöstä ja lähempänä Hakonenjärveä ja Terrafamen toimintoja. Kaivospiirin ulkopuolisten pisteiden osalta toiseksi suurin rikkilaskeuma mitattiin edellä mainitun tarkkailupisteen pöly4 lisäksi sen pohjoispuolella sijaitsevalta tarkkailupisteeltä pöly7 (312 mg/m<sup>2</sup>/kk). Muita ulkopuolisia tarkkailupisteitä, joilta havaittiin kesäkuussa yli 100 mg/m<sup>2</sup>/kk rikkilaskeuma olivat pöly2, pöly3, pöly5b, pöly6, pöly8 ja pöly16, pitoisuuksien vaihdelta välillä 114–178 mg/m<sup>2</sup>/kk. Muiden kuin tarkkailupisteen pöly4 vuoden 2023 keskimääräiset tulokset olivat kumminkin yhteneväisiä aikaisempiin tarkkailuvuosiin.

Kaivospiirin sisällä korkeimmat yksittäiset rikkilaskeumat mitattiin maaliskuussa pisteeltä pöly12 (332 mg/m<sup>2</sup>/kk) ja maaliskuussa sekä joulukuussa pisteeltä pöly1 (317 ja 398 mg/m<sup>2</sup>/kk). Muilla pisteillä ja kierroksilla pitoisuudet vaihtelivat välillä 13–280 mg/m<sup>2</sup>/kk. Kaivospiirin sisällä olevilla tarkkailupisteillä vuosikeskiarvot olivat yhteneväisiä aikaisempiin tarkkailuvuosiin, tarkkailupisteellä pöly14 vuoden 2023 rikkilaskeuma oli alle vuosien 2016–2022 tulosten.

Suomen lainsäädännössä ei kiintoaine- tai metallilaskeumalle ole määrätty raja- tai ohjearvoja. Rikkilaskeumalle on annettu Suomen metsätalousmaille pitkänajan keskimääräinen tavoitearvo 0,3 g/m<sup>2</sup>/vuosi (Vnp 480/1996). Edellisvuosien tapaan rikkilaskeuman tavoitearvo ylittyi lähes kaikilla tarkkailupisteillä. Laskennallinen rikkilaskeuma kaivospiirin alueen vanhoilla tarkkailupisteillä oli 0,7–3,2 g/m<sup>2</sup>/vuosi ja kaivospiirin ulkopuolisilla pisteillä 0,2–1,9 g/m<sup>2</sup>/vuosi.

## 9. JÄTEJAKEIDEN TARKKAILU

Terrafame Oy:n jätejakeiden tarkkailu käsittää sivukivialueelle KL2 sijoitettavan sivukiven tarkkailun, metallien talteenottolaitoksella ja keskuspuhdistamolla muodostuvien sakkajakeiden eli loppuneutralointisakan (646),



rautasakan (645), esineutralointisakan (653) ja vesienkäsittelysakan tarkkailun. Vuodesta 2021 lähtien tarkkailuun on sisällytetty myös akkukemikaalitehtaalla muodostuvien jätejakeiden tarkkailu.

### **Metallien talteenottolaitoksen sakat ja vesienkäsittelysakka**

Vuonna 2023 jätejakeiden laatua seurattiin pääasiassa kuukausinäytteistä, jotka muodostettiin päivittäisistä/viikoittaisista osanäytteistä. Vesienkäsittelysakan 572 laatua on aikavälillä 11/2020–8/2022 tutkittu kuukausikokoomien sijaan viikon kokoomanäytteistä, ja näytteet on marraskuusta 2020 lähtien kerätty erikseen kahdelta linjalta.

Näytteistä määritettyjä kokonaispitoisuuksia verrattiin vaarallisen jätteen pitoisuusrajoihin. Sakkajakeiden osalta metallien kokonaispitoisuuksista vaarallisen jätteen pitoisuusrajan ylityksiä on viime vuosina todettu nikkelin, sinkin ja mangaanin osalta. Vuosina 2014–2022 tuorepainoksi muutettu nikkelpitoisuus on ajoittain ylittänyt vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon (380 mg/kg) rautasakan, esineutralointisakan ja vesienkäsittelysakan kuukausinäytteissä. Vuonna 2023 kyseinen raja-arvo ylittyi myös loppuneutralointisakan osalta kahdessa kuukausinäytteessä ja esineutralointisakan osalta yhdessä kuukausinäytteessä. Lisäksi ylityksiä todettiin vesienkäsittelysakan osalta molempien linjojen näytteissä.

Tuorepainoksi muutettu sinkin pitoisuus on ylittänyt vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon (1000 mg/kg) esineutralointisakassa koko tarkkailujakson (2014–2022) ajan, ja ajoittain raja-arvo on ylittynyt myös vesienkäsittelysakassa. Myös vuonna 2023 esineutralointisakan osalta vaarallisen jätteen raja-arvon ylittivät kaikki muut, paitsi touko-, kesä- ja heinäkuun näytteet. Lisäksi ylityksiä todettiin vesienkäsittelysakan osalta molempien linjojen näytteissä.

Tuorepainoksi muutetun mangaanipitoisuuden osalta vaarallisen jätteen raja-arvon (9100 mg/kg) ylityksiä on todettu loppuneutralointisakassa vuosina 2017–2018, ja vesienkäsittelysakan osalta huhtikuun 2020 näytteessä, sekä vuonna 2022 molempien linjojen kuukausikokoomanäytteissä. Vuonna 2023 ylityksiä todettiin loppuneutralointisakassa, rautasakassa (645), sekä vesienkäsittelysakan molempien linjojen näytteissä.

Vuosina 2022 ja 2023 vesienkäsittelysakan tuorepainoksi lasketut pitoisuudet kuukausikokoomanäytteissä vaihtelivat suuresti johtuen kuukausikokoomanäytteiden kuiva-ainepitoisuuden suuresta vaihtelusta. Kuivapainoa kohti määritetyissä pitoisuuksissa ei kuitenkaan havaittu vastaavaa vaihtelua. Vesienkäsittelysakkojen koostumusta ja sen muutoksia on arvioitava kuiva-aineesta määritetyn koostumuksen perusteella, eikä lasketuja tuorepainopitoisuuksia voida välttämättä pitää valideina.

Sakkajakeiden sijoituskelpoisuutta arvioitiin vertaamalla niiden liukoisuusominaisuuksia kaatopaikka-asetuksen mukaisiin kaatopaikkakelpoisuuskeräisiin. Vaarallisen jätteen kaatopaikan kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä on vuosina 2010–2022 todettu esineutralointisakassa kadmiumin, nikkelin ja sinkin liukoisten pitoisuuksien osalta. Muissa sakkajakeissa ei todettu kyseisten metallien liukoisuuksien osalta vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä vuonna 2023. Muiden metallien liukoisuudet kaikissa jätejakeissa ovat olleet alhaisia, eikä metallien liukoisuutta ole sijoituskelpoisuuden kannalta arvioitu merkitykselliseksi.

Merkittävin vaikutus jätteiden sijoituskelpoisuuteen on jätejakeista liukenevan sulfaatin määrällä, joka muodostaa myös suuren osan liuenneiden aineiden kokonaismäärästä (TDS). Vuonna 2023 vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä todettiin TDS:n osalta rautasakan kaikissa elo-joulukuun näytteissä, sekä esineutralointisakan elokuun näytteessä. Sulfaatin osalta vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä todettiin rautasakan kaikissa elo-joulukuun näytteissä, esineutralointisakan tammi-, huhti-, heinä-, elo-, syys-, loka-, marras-, ja joulukuun näytteissä.

Vuonna 2023 jätejakeiden sijoituskelpoisuudessa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia edellisvuosien tarkkailuun verrattuna. Rautasakkaa (645) ei nykyisin johdeta suoraan kipsisakka-altaalle vaan keskusvedenpuhdistamolle, jossa se neutraloidaan ja johdetaan kipsisakka-altaalle puhdistettavien vesijakeiden mukana. Rautasakkaa (645) ei siten luokitella enää itsenäiseksi jätejakeeksi, joten jätelainsäädännön liukoisuuden raja-arvot eivät suoranaisesti enää koske tätä jaetta.

Terrafamen ympäristölupapäätöksessä (nro 87/2022) loppuneutralointisakka, esineutralointisakka, rautasakka (645) ja vesienkäsittelysakka on luokiteltu vaaralliseksi jätteiksi. Myös edellä mainittujen raja-arvojen ylitykset tukevat luokitusta. Vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä todettiin vuonna 2023 sulfaatin liukoisuuden ja liuenneiden aineiden kokonaismäärän (TDS) osalta rautasakan lisäksi esineutralointisakassa. Vuonna 2023 kipsisakka-altaalle sijoitettavien vesienkäsittelysakan (572 T1) ja loppuneutralointisakan (646) liukoiset pitoisuudet alittivat lupamääräyksen 131 raja-arvot kaikilta osin. Lupamääräyksen 132 mukainen pH:n vähimmäistaso (pH > 8) alittui niukasti yhdessä vesienkäsittelysakan näytteessä.

## Sivukivi

Mustaliuskesivukiveä on vuonna 2023 sijoitettu sekä KL2 että KL1 sivukivialueille (KL1 alueella ylimpiin pohjarakennekerroksiin, ei vielä varsinaiseen täyttöön). Mustaliuskesivukivinäytteissä todetut alkuaineiden kokonaispitoisuudet ovat olleet hyvin samankaltaisia tarkkailun aikana. Pitoisuusvaihtelu on ollut suurinta kuparin, mangaanin, nikkelin, sinkin, raudan ja kalsiumin kokonaispitoisuuksissa. Vuonna 2023 tutkituissa mustaliuskesivukivinäytteissä todettiin vaarallisen jätteen pitoisuusrajan ylityksiä sivukiven nikkelin ja sinkin osalta. Kiilleliusketta on vuodesta 2021 alkaen välivarastoitu sivukivialueen KL1 lohkolle 7. Kiilleliuskenäytteiden pitoisuudet eivät ylittäneet vaarallisen jätteen pitoisuusrajoja vuonna 2023.

Sivukivestä (mustaliuske) liukenevien alkuaineiden pitoisuudet ovat olleet pääosin vähäisiä, ja suurelta osin liukoisuudet ovat alittaneet laboratorion määritysrajan. Mustaliuskesivukivestä liukenee pääasiassa nikkeliä, sinkkiä ja sulfaattia. Vuonna 2023 vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin ylityksiä ei todettu. Vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin ylityksiä todettiin sinkin osalta. Lisäksi liukoisuustestin suodoksen pH-arvo ei kaikilta osin täyttänyt vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteeriä. Vuosina 2019 ja 2020 liukoisuuksien vuosikeskiarvopitoisuuksissa oli havaittavissa nousua mm. nikkelin, sinkin ja sulfaatin osalta, vuosina 2021, 2022 ja 2023 näiden parametrien vuosikeskiarvojen kehitys on ollut laskusuuntaista.

## Akkukemikaalitehtaan jätejakeet

Akkukemikaalitehtaalla muodostuvat jätejakeet ovat rautasakka, bentoniittisakka, aktiivihiiijäte. Lisäksi tarkkaillaan bioliuotuskiertoon kierrätettävä metallisulfaattiliuosta. Vuonna 2022 aktiivihiiilestä, bentoniittisakasta ja rautasakasta kerättiin ensimmäiset kuukauden kokoomanäytteet perusmäärittelyä varten, minkä jälkeen jakeille on tehty vastaavuustestauksia. Vuonna 2023 aktiivihiiijätteestä kerättiin näytteet vastaavuustestausta varten tammi-, helmi-, maali- ja toukokuussa, bentoniittisakasta tammi- ja helmikuussa sekä rautasakasta muina kuukausina paitsi kesä- ja heinäkuussa.

Metallisulfaattiliuos on akkukemikaalitehtaan nestemäinen jae, joka kierrätetään hyödynnettäväksi bioliuotuksessa. Metallisulfaattiliuos on analysoitujen näytteiden perusteella sisältänyt korkeita pitoisuuksia kobolttia, nikkeliä, sinkkiä, urania ja rikkiä. Pitoisuustasoissa on ollut vuonna 2023 voimakastakin vaihtelua erityisesti kobolttin, nikkelin ja sinkin osalta.

Bentoniittisakka ja aktiivihiiijäte toimitetaan kierrätettäväksi tai käsiteltäväksi toimintaan, jolla on ympäristölupa kyseisten jätteiden vastaanottamiseen ja käsittelyyn. Rautasakka on voitu 31.7.2023 saakka käsitellä palauttamalla se omana jakeenaan välittömästi tai lyhyen varastointiajan jälkeen liuotukseen sekundääri-liuotuskasalle.

Lokakuussa 2022 näytteille tehtyjen perusmäärittelyjen perusteella aktiivihiiinäytteen, bentoniittisakkanäytteen ja rautasakan nikkelin kokonaispitoisuus ylitti vaarallisten jätteiden luokituksen alimmat rinnakkaisjätteenimikkeellisille sovellettavat pitoisuusrajat, mikäli nikkeli esiintyy jätteessä nikkelisulfaattina ja/tai nikkelisulfidina. Liukoisuustestin tulosten perusteella arvioitiin, että nikkeli esiintyy kaikissa kolmessa jättejakeessa suurelta osin helppoliukoisena nikkelisulfaattina. Lisäksi aktiivihiiien ja bentoniittisakan öljyhiiivetyjen kokonaispitoisuus molemmissa näytteissä ylitti rinnakkaisnimikkeellisille jätteille asetetun vaarallisen jätteen luokituksen ylempään pitoisuusrajan.

Vuosien 2022 ja 2023 vastaavuustestausten perusteella bentoniittisakan ja rautasakan nikkelin kokonaispitoisuudet ylittivät vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon selvästi kaikissa näytteissä. Sen sijaan aktiivihiiien nikkeli-pitoisuus on vuoden 2023 vastaavuustestauksissa alittanut pitoisuusraja-arvon. Kobolttipitoisuus ylitti vaarallisen jätteen pitoisuus-raja-arvon rautasakan helmi- ja maaliskuun näytteissä. Rautasakalla vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvon ylityksiä oli lisäksi sinkin osalta vuoden 2023 helmi-, maaliskuu-, loka- ja joulukuun näytteissä. Muiden alkuaineiden osalta vaarallisen jätteen raja-arvot alittuivat. Yleisesti korkeimmat metallipitoisuudet määritettiin rautasakan näytteistä.

Liukoisuustestien perusteella aktiivihiiijätteen liukoisen nikkelin pitoisuus ylitti vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin vuonna 2022, mutta vuonna 2023 pitoisuudet ovat olleet selvästi pienempiä. Toukokuun aktiivihiiin näyte ylitti niukasti vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin. Sen sijaan orgaanisen hiiien kokonaispitoisuus (DOC) ylitti vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin kaikilla vuoden 2023 näytteillä.

Bentoniittisakka puolestaan ei täyttänyt vuonna 2023 vaarallisen jätteen kaatopaikan sijoitusvaatimuksia liian korkean liukoisen nikkelin, liukoisen sulfaatin sekä liukoisen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuuksien takia. Edellisvuodesta poiketen liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS) täytti sijoitusvaatimukset vuoden molemmissa näytteissä.

Rautasakan osalta kaikissa vuoden 2023 näytteissä ylittyi vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskaiteeri liukoisen nikkelin osalta ja vuodesta 2022 poiketen kuudessa näytteessä myös sinkin osalta.

## 10. BIOLOGINEN TARKKAILU MAA-ALUEILLA

Terrafamen maa-alueiden biologiseen tarkkailuun sisältyvässä bioindikaattoriseurannassa tarkkaillaan toiminnasta aiheutuvien ilmapäästöjen leviämistä ympäristöön sekä niiden sisältämien raskasmetallien kertymistä kasvillisuuteen, eliöihin ja maaperään sekä ihmisten ravintoon. Kaivoksen bioindikaattoritutkimus sisälsi vuonna 2023 varsinaisten bioindikaattorien (sammal, neulas) lisäksi keruutuotteita (sienet), jotka eivät ole varsinaisia bioindikaattoreita. Bioindikaattoriseurannan näytealaverkosto kattoi vuonna 2023 sienten ja neulasten osalta 10 ja sammalten osalta 13 alkuperäistä näytealaa. Lisäksi vuonna 2023 pitoisuuksia määritettiin myös uusilta aloilta (sienet 1b-5b ja neulas sekä sammat 2b, 4b, 6b ja 8b), jotka korvaavat kaivoksen laajennustoimien alle jäävät vanhat alat tulevaisuudessa. Sieninäytteistä tutkittiin kadmiumin (Cd), kobolttin (Co), kuparin (Cu), nikkelin (Ni), sinkin (Zn) ja uraanin (U) pitoisuudet ja näiden lisäksi sammal- ja männynneulasnäytteistä myös rikkipitoisuus (S). Vuonna 2023 näytteitä ei sienten osalta saatu aloilta 4, 5 ja 8 eikä sammalten osalta alalta 8. Sammalnäytteiden osalta alan 6b näytteessä oli vain vähän sammalten vihreää osaa, minkä vuoksi alan tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia muihin aloihin nähden, eikä niistä voida vetää varmoja johtopäätöksiä.

Yleisesti kaivostoimintaa tarkastellessa, metallipitoisuudet ovat usein selvästi kohonneita kaivoksen läheisyyteen sijoittuvilla näytealoilla ja pitoisuudet vähentyvät kauempana kaivostoiminnoilta sijaitsevilla näytealoilla. Ainepitoisuuksiin vaikuttavat monet tekijät, mm. kaivostoiminnot (louhoksen syvyys, läjitystoimintojen sijoittuminen, tuotantomäärien vaihtelu) sekä säätekijät (tuulensuunta ja -voimakkuus, sadanta yms.). Keruutuotteiden osalta myös maa- ja kallioperällä voi olla vaikutusta havaittuihin metallipitoisuuksiin ja niiden vuosien väliseen vaihteluun.

Tarkasteltaessa Terrafamen vuoden 2023 bioindikaattoritarkkailun tuloksia kokonaisuudessaan, voidaan todeta, että suurimpia havaittuja pitoisuuksia esiintyi näytealoilla ympäri aluetta keskittyen kuitenkin pääasiassa aloille, jotka sijaitsevat kaivospiirin sisäpuolella. Kauempana toiminnoista sijaitsevilla aloilla pitoisuudet olivat pääsääntöisesti pienempiä. Akkukemikaalitehtaan ilmapäästöt eivät näkyneet muutoksina bioindikaattorien ja keräilytuotteiden rikkipitoisuuksissa.

Männynneulasnäytteiden analyysitulosten suurimmat metallipitoisuudet löytyivät näytealan Havu 6 ja Havu 8 neulasista. Myös alojen Havu 8b, Havu 4, Havu 2 ja Havu 9 näytteissä havaittiin kohonneita pitoisuuksia osalla tutkituista metalleista. Havunneulasaloista 8 ja 8b sijaitsevat Kuusilammen avolouhoksen läheisyydessä, ala 9 kipsisakka- altaiden läheisyydessä kaivospiirin lounais-/itäpuolella, ala 6 sekundääriluotuskentän läheisyydessä ja ala 2 aivan kaivospiirin pohjoisosassa Kolmisopen läheisyydessä.

Sammalten tulosten perusteella suurimmat pitoisuudet sijoittuvat alalle Sammal 6b, joka sijaitsee kaivospiirin ulkopuolella sekundääriluotuskentästä luoteeseen. Ala on yhteinen alan Sieni 4b kanssa. Sekä Sammal 6b että Sieni 4b alan näytteissä havaittiin korkeita pitoisuuksia. Alan 6b sammalnäyte ei ollut edustava, minkä

vuoksi tuloksista ei voida vetää varmoja johtopäätöksiä. Toisaalta 6b on uusi näyteala, josta ei ole vielä olemassa vertailuaineistoa. Jos seuraavana tarkkailuvuotena alalta saadaan edustava näyte, voidaan tuloksia verrata vuoden 2023 pitoisuustasoon ja nähdään, onko esimerkiksi alan maaperällä pitoisuuksia nostavaa vaikutusta. Jos edustavaa näytettä ei saada, tulee harkita alan siirtämistä. Myös maa- ja kallioperänäytteiden ottaminen näytealoilta eri syvyyksistä toisi arvokasta lisätietoa siitä, mikä on kasvualueen vaikutus bioindikaattorien ja keräilytuotteiden pitoisuuksiin kullakin näytealalla.

Korkeita pitoisuuksia esiintyi myös aloilla Sammal 8b ja Sammal 18, jotka sijoittuvat lähelle männynneulasaloja 8 ja 8b. Sammalissa havaittiin suurimpia pitoisuuksia myös alalla Sammal 4, joka on yhteinen alan Havu 4 kanssa. Ala 4 sijoittuu Hakosen lammen rannalle tuotantoalueesta koilliseen. Lähelle Havu 2 alaa, Kolmisopen pohjoisosassa, sijoittuvilta aloilta Sammal 2 ja Sammal 2b mitattiin myös kohonneita pitoisuuksia samoin, kun Kolmisopen lounaispuolella sijaitsevalla alalla Sammal 3. Nämä alat sijoittuvat mustaliuskealueen päälle. Sienien osalta korkeimpia pitoisuuksia havaittiin alan 4b lisäksi aloilla 1, 3 ja 3b, jotka sijoittuvat toimintojen koillispuolella ja aloilla 2 ja 2b, jotka sijoittuvat kaivoksesta luoteeseen. Myös alat 3 ja 3b sijoittuvat mustaliuskealueen päälle. Jatkossa voisi mahdollisesti ottaa mustaliuskealueelta maaperänäytteet eri syvyyksiltä ja katsoa, voiko kallioperällä olla vaikutusta tuloksiin. Alan Sieni 10 näytteestä mitattiin poikkeuksellisen suuri kadmiumpitoisuus. Sieni 10 ala sijaitsee melko kaukana toiminnoista, noin 7 km päässä sekundääriliuotuskentän reunasta luoteeseen.

## 11. YMPÄRISTÖMELUN TARKKAILU

Ympäristömelun tarkkailu kuuluu osaksi ympäristövaikutusten tarkkailua. Mittaukset suoritetaan kahdessa mittausjaksossa; päiväjakso klo 7–22 jolloin raja-arvo 55 dB ja yöjakso klo 22–7, jolloin raja-arvo 50 dB. Mittauspisteet sijaitsevat kaivosalueen ulkopuolella ja osa mittauspisteistä sijaitsee teiden läheisyydessä.

Vuonna 2023 mittaukset tehtiin 8.-9.5.2023 viidellä mittauspisteellä ja päivämelumittaukset lisäksi 28.10.2023 Iso-Savonjärvellä. Toukokuussa mittaukset suoritettiin pisteillä Taattola, Myllyniemi, Sorsala, Kalliojärvi ja Honkapirtti. Mittausten aikana tuotantoalueen melu oli havaittavissa kaikilla muilla, paitsi Honkapirtin mittauspisteellä.

Melumittausten perusteella päivämelu alittaa raja-arvon kaikilla muilla paitsi Myllyniemen mittauspisteellä, jolla mittaustulos tulkitaan yhtä suureksi kuin raja-arvo. Iso-Savonjärvellä yömelua ei mitattu, mutta mitattu päivämelu alittaa yömelun raja-arvon. Yömelu alittaa raja-arvon kaikilla viidellä mittauspisteellä, joilla yömelumittaus suoritettiin.

Taattolan mittauspisteellä liikennemelu oli päiväjaksoa mitattaessa lähes jatkuvaa. Sorsalan mittauspisteellä päivämelun mittauksessa kuului jonkin verran lintujen ääniä, mutta yömelun mittauksessa lintujen äänet olivat vähäisiä.

Uuden tarkkailuohjelman mukaan ympäristömelu mitataan vuosittain viidellä pisteellä (tarkkailupisteen tunnus suluissa): Taattola (Melu 1), Myllyniemi (Melu 2), Sorsala (Melu 3), Iso-Savonjärvi (Melu 5), sekä Kolmisoppijärven pohjoispuolella sijaitseva kiinteistö (Melu 4). Lisäksi Taattolassa on jatkuvatoiminen melumittaus.