

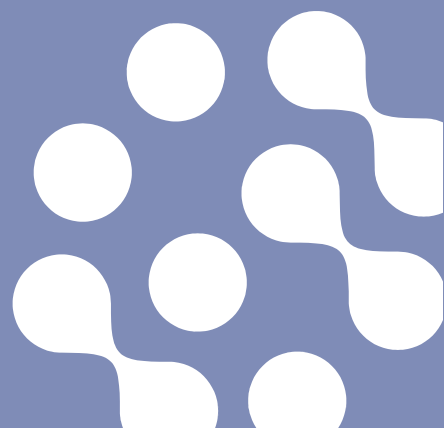


Environment Testing

Eurofins Ahma Oy  
14.12.2022

BOLIDEN KEVITSA MINING OY

# SAIVELJÄRVEN SEDIMENTTITARKKAILU 2022



## BOLIDEN KEVITSA OY, SAIVELJÄRVEN SEDIMENTTITARKKAILU 2022

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>TARKKAILUN TOTEUTUS</b> .....	<b>3</b>
2.1	TARKKAILUPISTEET.....	3
2.2	NÄYTTEENOTTO .....	4
2.3	ANALYYSIT.....	4
<b>3.</b>	<b>TARKKAILUTULOKSET</b> .....	<b>5</b>
3.1	SEDIMENTAATIONOPEUS.....	5
3.2	SEDIMENTIN OMINAISUUDET.....	7
3.3	ANALYYSITULOSTEN VERTAILU SULKA-HANKKEESEEN .....	11
<b>4.</b>	<b>YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>12</b>
4.1	NÄYTTEENOTON SOVELTUVUUS .....	13
4.2	JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....	13
	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>14</b>

### LIITTEET

Liite 1.	Näytepistekartta
Liite 2.	Sedimentin <sup>137</sup> Cs-isotoopin aktiivisuudet v. 2022
Liite 3.	Sedimentin analyysitulokset v. 2022
Liite 4.	Sedimenttikuvat

Pohjakartat: © Maanmittauslaitos

### Eurofins Ahma Oy

14.12.2022

Joonas Kellokumpu  
Ympäristöasiantuntija

Mika Kallo  
Projektipäällikkö

### Yhteystiedot

Nuottasaarentie 17  
90400 OULU  
etunimisukunimi@eurofins.fi

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

# 1. JOHDANTO

Lapin ELY-keskuksen Kevitsan kaivoksen tarkkailusuunnitelmaa koskevan lupapäätöksen (LAPELY/4/2019) mukaisesti kaivosyhtiön tulee selvittää sedimenttinäytteenoton onnistumista Saiveljärvestä ja erilaisten näytteenottimien soveltuvuutta. Selvitys ja esitys tarkkailusta tulee toimittaa Lapin ELY-keskukselle viipymättä sen valmistuttua, kuitenkin viimeistään 31.1.2022. Tarkkailulla pyritään selvittämään Saiveljärven sedimentaationopeus sekä kaivoksen mahdollisesti aiheuttama vaikutus Saiveljärven pohjasedimenttiin. Boliden Kevitsa toimitti Saiveljärven sedimenttitarkkailuesityksen Lapin ELY-keskukselle 27.1.2022 ja Lapin ELY-keskus antoi esityksestä lausunnon 8.3.2022, jossa se hyväksyi suunnitelman Saiveljärven sedimenttitarkkailusta. Suunnitelman pohjalta sedimenttinäytteenotto toteutettiin kesäkuun alussa 2022.

Järvisedimentit edustavat kaikkea järvaltaaseen kulkeutunutta, uudelleen kerrostunutta ja siellä syntyneitä aineita, kuvaten siten järven sedimentaation kehityshistoriaa ja sen aikaisia kerrostumisolosuhteita. Sedimentin koostumukseen ja laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat luonnollisen sedimentaation lisäksi ihmisen toiminnasta aiheutuvat vaikutukset sedimentin laatuun. Siten esimerkiksi kaivostoiminnasta, ojituksesta, puunhakkuu- ja maanmuokkaustöistä johtuvat muutokset olisivat mahdollisesti näkyvillä sedimentin pintakerroksessa.

Kevitsan sulfidimetallikaivoksen ympäristön alueella on tehty Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) toimesta sedimenttitutkimuksia vuonna 2013. Tutkimus liittyi Sulka-hankkeeseen, jossa arvioitiin kaivostoiminnasta mahdollisesti peräisin olevien rikkiyhdisteiden ympäristövaikutuksia (Pietilä ym. 2014).

Sulka-hankkeen aikana tutkittiin mm. Saiveljärven sekä Kotajärven ja Iso-Vaiskonlammen sedimentin koostumusta. Tutkimuksessa määritettiin Saiveljärven (myös Kotajärven ja Iso-Vaiskonlammen) sedimentin ikä ja sedimentaationopeus, fysikaalinen ja kemiallinen koostumus sekä rikin esiintyminen sedimenttinäytteissä. Tutkimuksen mukaan Saiveljärven sedimentaationopeus on  $^{137}\text{Cs}$ -ikämäärityksen perusteella noin 1,3 mm/a ja  $^{210}\text{Pb}$ -ikämäärityksen mukaan vastaavasti 1,4 mm/a.  $^{137}\text{Cs}$ -maksimipitoisuus havaittiin n. 3,5 cm syvyydellä (Pietilä ym. 2014). Menetelmän tarkkuutta heikentävänä tekijänä on ollut Saiveljärven sedimentin eradoituminen sekä uudelleen sedimentoituminen. Sähkönjohtavuuden (n. 20,5 mS/m) todettiin olleen kaksinkertainen sedimentin pintakerroksessa (0–2 cm) alempiin syvyyksiin ja kerrokseen verrattaessa (n. 8,5–14,6 mS/m) (Pietilä ym. 2014). Happoliukoisten pääalkuaineiden sekä hivenmetallien analyysissä Saiveljärven sedimenttinäytteiden pitoisuus oli kolmesta tutkitusta vesistöistä pienin. (Pietilä ym. 2014).

Tässä raportissa esitetään vuonna 2022 otettujen Saiveljärven sedimenttinäytteiden tulokset ja niitä verrataan GTK:n Sulka-hankkeen v. 2013 tuloksiin soveltuvien osin.

## 2. TARKKAILUN TOTEUTUS

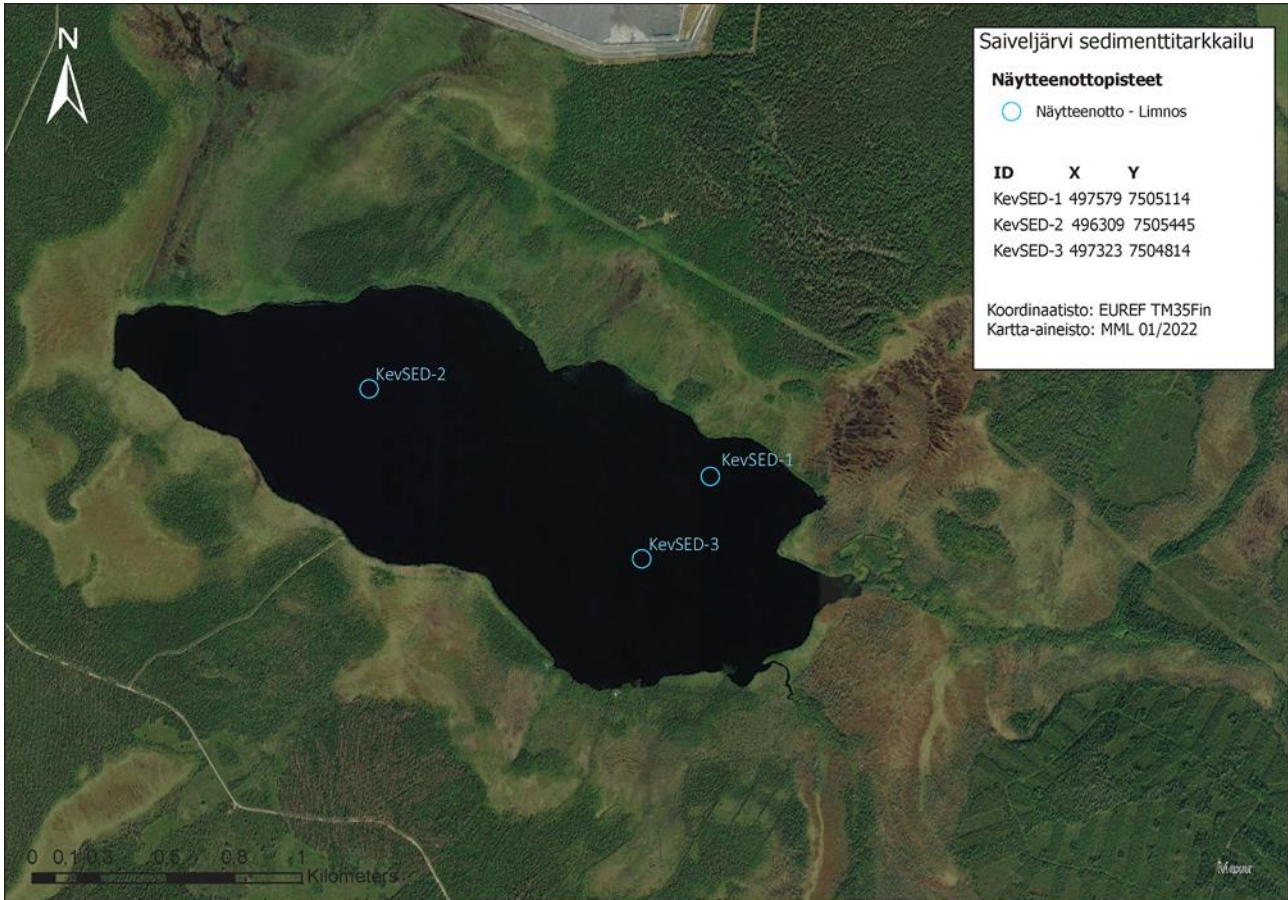
Vuoden 2022 Saiveljärven sedimenttitarkkailusta vastasi Eurofins Ahma Oy. Tarkkailu toteutui pääosin suunnitelman mukaisesti. Näytemäärä ei ollut kuitenkaan riittävä kaikkien uttojen suorittamiseksi, mistä johtuen sulfaatin, fosfaattifosforin ja typen fraktioiden analysointi ei onnistunut. Näytteet analysoitiin radioaktiivisia määryksiä lukuun ottamatta Eurofins Ahma Oy:n Oulun laboratoriossa FINAS:n akkreditoimilla menetelmillä. Cesium-137 isotoopin aktiivisuudet määritettiin GTK:n Espoon laboratoriossa.

### 2.1 Tarkkailupisteet

Näytteet otettiin tarkkailusuunnitelman mukaisesti Saiveljärvestä kolmesta eri tarkkailupisteestä (KevSED1, KevSED2 ja KevSED3). Näytopisteiden koordinaatit on esitetty taulukossa 2-1, ja sijainti kartalla on esitetty kuvassa 2-1 sekä liitteessä 1.

**Taulukko 2-1. Tarkkailupisteet ja koordinaatit.**

Näytopiste	ETRS-TM35FIN N	ETRS-TM35FIN E	Näytopienotin	Näytopaikan kuvaus
KevSED1	7505114	497579	Limnos	Järven itäosa, pohjoisrannan lähellä
KevSED2	7505445	496309	Limnos	Järven itäosa, keskellä
KevSED3	7504814	497323	Limnos	Järven länsiossa, keskellä



**Kuva 2-1. Alueella sijaitsevat sedimenttitarkkailupisteet (kuvan lähde: Boliden Kevitsa 2022)**

## 2.2 Näytteenotto

Näytteenotosta vastasivat Eurofins Ahma Oy:n sertifioidut näytteenottajat. Näytteet haettiin 6.6.2022. Saiveljärvi on pääpiirteissään matala ja tasapohjainen järviallas, jossa erillisiä selväräjaisia syvänteitä ei ole havaittu. Näytepisteiksi (3 kpl) valittiin kartta-aineiston ja kenttähavaintojen pohjalta paikat, missä oletettavasti rantavoimien vaikutus on vähäisintä ja sedimentaatio rauhallisinta.

Näytepisteiden kokonaissyvytydet olivat noin 1,5-2 m luokkaa. Sedimentin laatu ja kerrosjärjestys merkittiin ylös sekä valokuvattiin (liite 4). Näytteet säilöttiin viileässä valolta suojattuna ja toimitettiin Eurofins Ahma Oy Oulun laboratorioon analysoitavaksi 8.6.2022. Sedimentin ikämäärytykseen menevät näytteet (KevSED1) kylmäkuivattiin ja jauhettiin, ja lähetettiin GTK:n Espoon toimipisteeseen <sup>137</sup>Cs-pitoisuusmäärytyksiä varten. Aktiivisuudet laskettiin näytteenottopäivämäärän (6.6.) perusteella.

Sedimenttinäytteet otettiin KevSED1 pisteeltä järven pohjasta viipaloivalla Limnos-noutimella erotellen sedimentti 1 cm paksuihin näyte-eriin 15 cm syvyyteen saakka sedimentaationopeuden ajoitusta (<sup>137</sup>Cs) varten. Ensimmäinen näyte (1 cm) otettiin heti sedimentin pinnasta poistamatta höttöistä veden ja sedimentin rajapintaa.

Tarkkailupisteiltä KevSED2 ja KevSED3 sedimenttinäytteet otettiin myös viipaloivalla Limnos-noutimella erotellen näytteet kolmeen eri osasyvyyteen (0–4 cm, 4–8 cm sekä 8–12 cm). Myös näissä pisteissä näytteenotto aloitettiin heti sedimentin pinnasta.

## 2.3 Analyysit

Sedimenttinäytteiden analyysit tehtiin KevSED1 pisteen 0–15 cm sedimenttiprofiilista 1 cm välein. Pisteiltä KevSED2 ja KevSED3 analyysit tehtiin 0–12 cm sedimenttiprofiilista 4 cm välein (0–4 cm, 4–8 cm ja 8–12 cm).

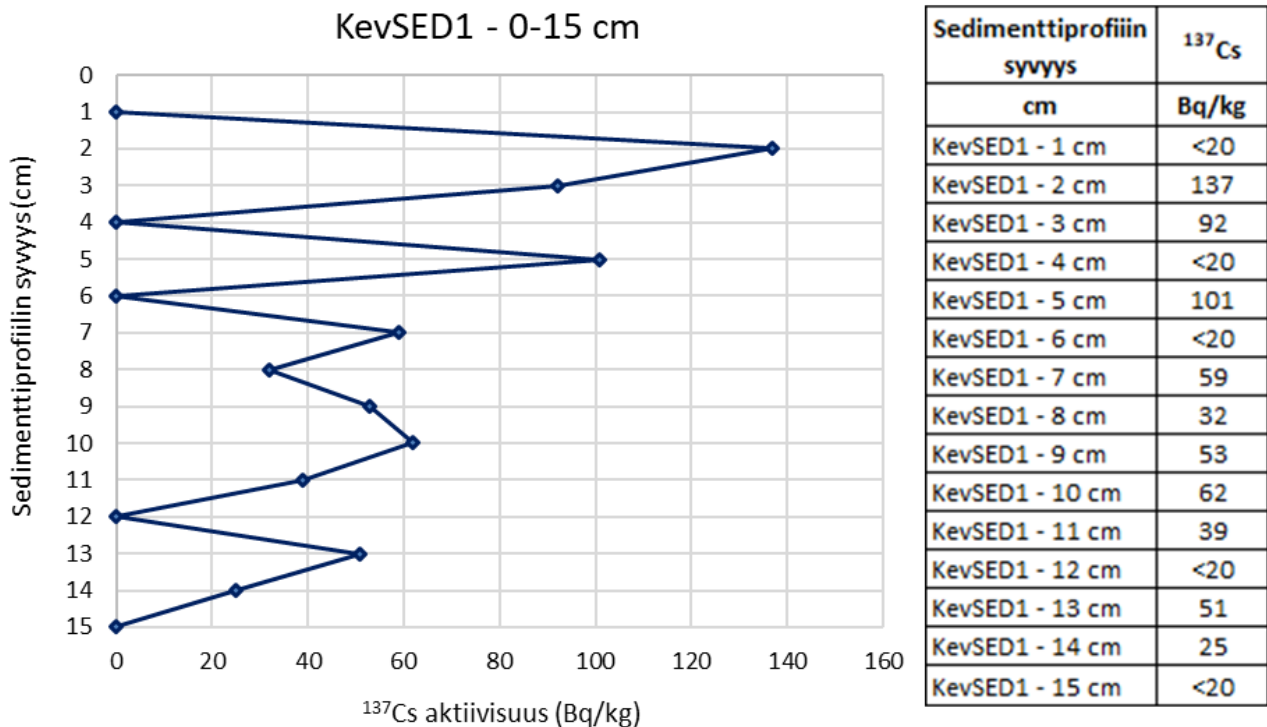
- KevSED1 näyte-eristä määritettiin <sup>137</sup>Cs-isotoopin aktiivisuus (Bq/kg). Määrytysten perusteella laskettiin sedimentaationopeus (Mattila ym. 2006).
  - Gammaäteilyn mittaukset suoritettiin Brightspec-monikanava-analysaattorilla, jossa on 2014 mittauskanavaa. Ilmaisimena toimi 4 tuuman NaI(Tl)-kolokide, joka on yleisesti käytetty fotonisäteilyn tuikeilmaisim. Mittauskolon tilavuus oli 823,7 cm<sup>3</sup>, syvyys 70 mm ja halkaisija 38 mm. Mittaukset tehtiin kuivatuista näytteistä käyttäen 60 minuutin mittausaikaa. (GTK 2022).
  - Laitteen herkkyys on noin 20 Bq/kg. Laitteistolla mitataan päivittäin <sup>137</sup>Cs-standardi, jonka paino on 27.58 g ja aktiivisuus noin 14 000 ± 1 600 Bq/kg. Mittauksella tarkistetaan, että <sup>137</sup>Cs:n valopiikki on oikealla energia-alueella. <sup>137</sup>Cs:n energia-arvo on 662 keV. <sup>137</sup>Cs-standardin mittaustarkkuus on 3 % luokkaa. (GTK 2022).
- KevSED2 ja KevSED3 näyte-eristä määritettiin fysikaaliset suureet: pH (1:5), kosteus (%), kuiva-aine (%), hehkutusjäännös (%).
  - Näytteistä määritettiin myös kokonaistyyppi, sekä alkuaineet (ICP-OES): Al, Sb, As, Ba, Be, Hg, Cd, K, Ca, Mg, Co, Cr, Cu, Pb, P, Mo, Na, Ni, Fe, S, Se, Zn, Sr, Sn, Ti ja V.
    - Alkuaineiden liuos suoritettiin mikroaltoavusteisella märkäpoltolla standardin EPA3051A mukaisesti.

## 3. TARKKAILUTULOKSET

### 3.1 Sedimentaationopeus

Sedimentissä tapahtuneita muutoksia ajallisesti arvioitaessa yksinkertaisin käytetty ajoitusmenetelmä perustuu Tšernobylin <sup>137</sup>Cs-laskeumaan, joka ajoittuu vuonna 1986 tapahtuneeseen ydinvoimalaonnettomuuteen. Sedimentissä on yleensä havaittavissa tietyllä syvyydellä selvä aktiivisuuden maksimi, mikä osoittaa Tšernobyl-laskeuman ajankohdan. Pitoisuuspiikin syvyydestä voidaan laskea toteutunut keskiarvoinen sedimentaationopeus näytteenottohetkeen saakka. Epävarmuutta mittaustuloksiin voi aiheutua mm. näytteen häiriintymisestä mittaushetkellä sekä järven detrituskerroksen ja pohjasedimentin kontaktirajan tarkka erottaminen toisistaan. Tarkimpia ikämäärytyksiä saadaan rauhallisesti sedimentoituneesta ympäristöstä, jossa bioturbaatio on ollut vähäistä.

Vuonna 2022 Saiveljärven itäosasta otetussa sedimenttinäytteestä (KevSED1) cesium-137 isotoopin maksimipitoisuus (137 Bq/kg) havaittiin 2 cm syvyydessä (kuva 3-1). <sup>137</sup>Cs -ikämäärytyksen perusteella Saiveljärven sedimentaationopeus on ollut keskimäärin 0,55 mm/a viimeisen 36 vuoden aikana KevSED1 pisteellä. Ajoituksen perusteella Saiveljärvessä 15 cm paksuinen sedimenttikerros olisi muodostunut keskimäärin 270 vuodessa. Tulos poikkeaa GTK:n aiemmin v. 2013 määrittämästä 1,3 mm/a sedimentaationopeudesta ja havaitusta maksimipitoisuuden (n. 67 Bq/kg) syvyydestä (n. 3,5 cm).



**Kuva 3-1. Saiveljärven <sup>137</sup>Cs-isotoopin aktiivisuus eri syvyyksissä (0–15 cm) vuonna 2022. Alle määritysrajan (<20 Bq/kg) osilta kuvaajassa on käytetty aktiivisuuden arvoa nolla. Tulokset on esitetty myös liitteessä 2.**

On mahdollista, että ikämäärytystä varten tehdyn pintasedimentin alkamissyvyyden (1 cm näyte) valinta on poikennut aiemmasta tutkimuksesta (GTK 2013) ja vaikuttanut siten havaitun aktiivisuuspiikin syvyyteen. Alla kuvassa 3-4 on esitetty KevSED1 sedimentin pintakerroksen ulkonäkö (1 cm näyte) sekä alapuolisen (2 cm) näytteen leikkauspinnan yläraja.



**Kuva 3-2. KevSED1 näytteet Limnos-ottimessa vuonna 2022. Kuvassa vasemmalla ja keskellä koko profiili pintakerrosta myöten sekä oikealla 2 cm näytteen yläpinta.**

Ikämäärityksen tuloksissa selkeän yksittäisen  $^{137}\text{Cs}$ -piikin puuttuminen sekä kuvaajassa (kuva 3-1) havaittava sahakuvio voisivat mahdollisesti viitata sedimentin sekoittumiseen järviältäaassa. Ikämäärityksen luotettavuutta laskee Saiveljärven matala syvyys (n. 1–1,5 m), mistä johtuen järviällä on altis rantavoimien vaikutuksille. Tämä aiheuttaa pohjasedimentin pintakerroksen sekoittumista eroosion ja uudelleen kerrostumisen vuoksi.

Tulokset eivät myöskään välttämättä ole täysin vertailukelpoisia näytenpisteiden sijaintien eroavaisuuksista johtuen. GTK:n Sulka-hankkeen näytenpiste sijaitsi Saiveljärven keskiosassa etelärannan tuntumassa ja tämän tutkimuksen piste KevSED1 järven itäosassa pohjoisrannan tuntumassa.

## 3.2 Sedimentin ominaisuudet

Saiveljärven sedimenttiprofilien fysikaalis-kemialliset tulokset on esitetty taulukoissa 3-2 ja 3-3, sekä liitteessä 3.

Vuonna 2022 Saiveljärven sedimentti oli kaikissa tarkkailupisteissä tummanruskeaa liejua (Kuva 3-3). Järvisedimentti oli hyvin vesipitoista (w-%: 90,7–93,7), ja vastaavasti sedimentin kuiva-ainepitoisuus oli matala (6,3–9,3 %). Ylimmät pintakerrokset (0–2 cm) olivat selvästi vesipitoisempia kuin alemmat kerrokset. Saiveljärven sedimentti koostui pääosin mineraaliaineksesta (50–52,7 % kuivapainosta) ja lähes yhtä suureksi osaksi eloperäisestä aineksesta. Sedimentin orgaanisen aineen pitoisuus vaihteli eri pisteillä ja syvyyksissä (0–12 cm) välillä 47,3–50 %, ja se oli lievästi orgaanisempaa kuin GTK:n tutkimuksessa havaittiin vuonna 2013 (29–48 %). Orgaanisen aineksen määrässä ei havaittu syvyyden suhteen selviä eroavaisuuksia vuonna 2022, mikä poikkesi hieman v. 2013 tuloksista. (Taulukko 3-2).



Kuva 3-3. Kuvassa sedimentinäytteet vuodelta 2022 (vasemmalla KevSED1 4 cm, keskellä KevSED2 4 cm ja oikealla KevSED3 4 cm).

Taulukko 3-2. Saiveljärven pohjasedimentin fysikaaliset suureet, sekä ravinne- ja rikkipitoisuudet vuonna 2022.

Näytepisteet ja -kerrokset	Hehkutusjäännös, kiintoaineen määrä (450°C) % ka	Hehkutushäviö, orgaanisen aineksen määrä % ka	Näytteen kosteus - (%) %	Näytteen kuiva-aine - (%) %	pH (1:5)	Rikki (S) %	Fosfori (P) %	Typpi (N) %	N/P
KevSED2 - 0-4 cm	51,8	48,2	93,7	6,3	5,6	0,63	0,150	3,6	24,0
KevSED2 - 4-8 cm	51,4	48,6	92,5	7,5	5,6	0,56	0,086	2,9	33,7
KevSED2 - 8-12 cm	50	50	92,9	7,1	5,6	0,54	0,082	3,2	39,0
KevSED3 - 0-4 cm	52,2	47,8	93,1	6,9	5,9	0,54	0,190	3,3	17,4
KevSED3 - 4-8 cm	52,7	47,3	90,7	9,3	5,4	0,61	0,099	3,1	31,3
KevSED3 - 8-12 cm	52,3	47,7	92,6	7,4	5,3	0,67	0,092	4,0	43,5

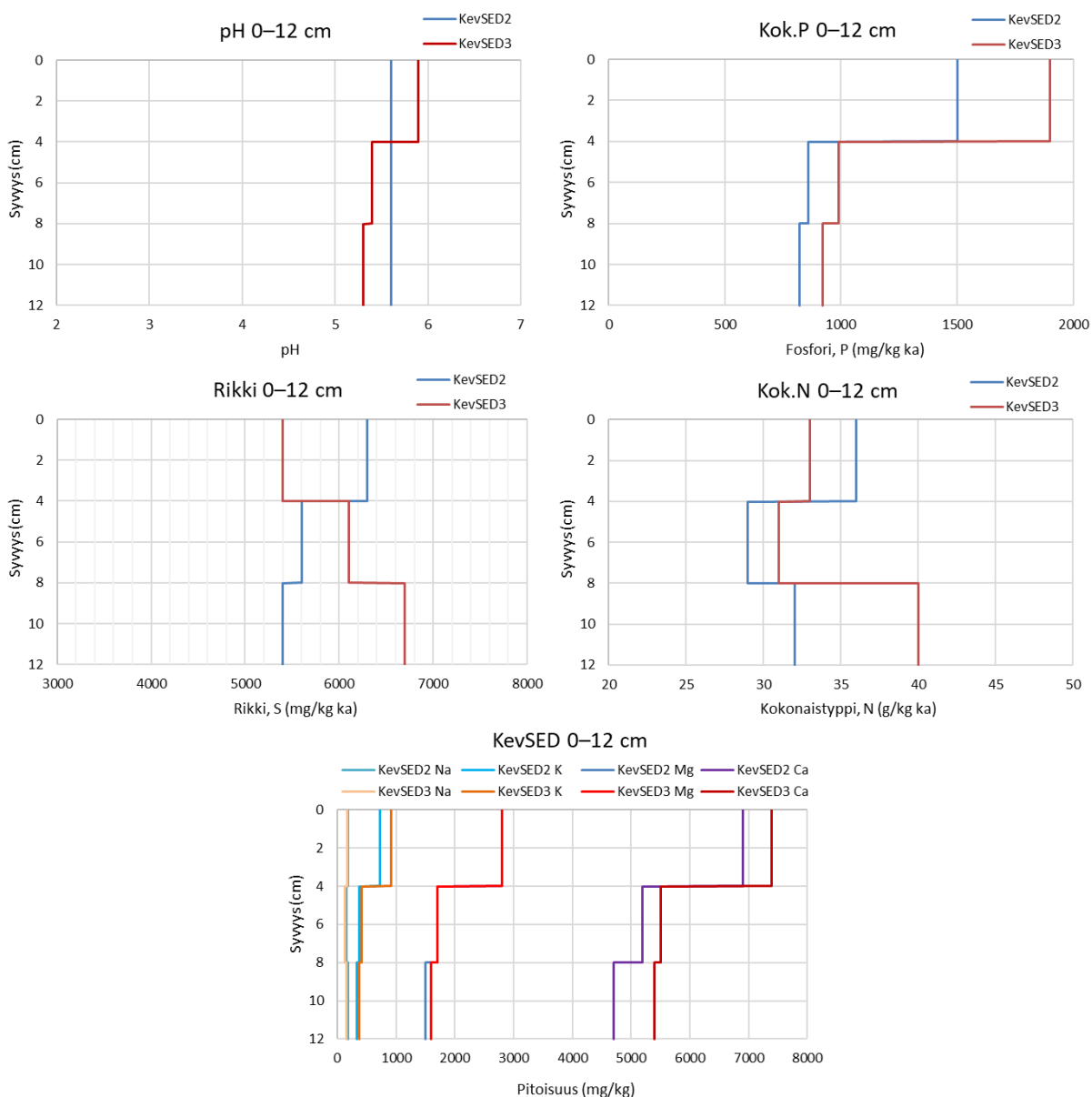


## SAIVELJÄRVEN SEDIMENTTITARKKAILU 2022

Sedimentin pH-arvot olivat happamia pisteellä KevSED2 (pH 5,6) sekä pisteellä KevSED3 (pH 5,3–5,9). KevSED2 pH-arvoissa ei havaittu muutosta syvyyden suhteen, mutta rikkipitoisuudet kasvoivat profiiliin pintaa kohden (5400–6300 mg/kg ka). KevSED3 profiilissa pH-arvot kohosivat pintaa kohden ja kokonaisrikkipitoisuudet laskivat. Happoliukoisen rikin määrä vaihteli profiilissa välillä 0,54–0,67 % ja sen osuus sedimentin kuivapainosta oli keskimäärin lievästi korkeampi kuin vuonna 2013 (0,32–0,49 %). (Pietilä ym. 2014; taulukko 3-2; kuva 3-4).

Fosforipitoisuuksissa (1500–1900 mg/kg ka) havaittiin selkeää, noin kaksinkertainen pitoisuuden nousu sedimentin pintakerroksessa (0–4 cm) molemmilla tarkkailupisteillä verrattuna 4–12 cm kerrossyvyykseen (820–990 mg/kg ka). Kokonaistypen pitoisuuksissa ei havaittu selkeää muutosta syvyyden suhteen, mutta pohja- ja pintakerroksissa pitoisuudet olivat keskikerrosta (4–8 cm) korkeammat (taulukko 3-3). Kokonaistypen osuudet vaihtelivat välillä 2,9–4,0 % ja olivat keskimäärin hieman korkeampia kaikissa kerroksissa kuin vuonna 2013 havaitut typen osuudet 2,07–2,95 % (Pietilä ym. 2014).

Sedimentin happoliukoiset kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet nousivat profiilissa ylöspäin ollen selvästi korkeimmat pintakerroksessa (0–4 cm). Muutos oli kalsiumin osalta n. 33–47 %, magnesiumin osalta 65–87 % ja kaliumin osalta 92–149 %. Natriumin pitoisuudessa ei havaittu selvää muutosta syvyyden suhteen (0–30 %). (Kuva 3-4).



**Kuva 3-4. Järvisedimentin pH, rikki, kokonaistyyppi ja fosforipitoisuudet syvyyden suhteen (0–12 cm) KevSED2 ja KevSED3 näytepisteillä vuonna 2022.**

## SAIVELJÄRVEN SEDIMENTTITARKKAILU 2022

Saiveljärven sedimentin alkuaine- ja metallipitoisuudet on esitetty taulukossa 3-3 kerroksittain ja näytepisteittäin. Antimonin, berylliumin, molybdeenin, seleenin ja tinan pitoisuudet alittivat laboratorion määrittämissä rajat.

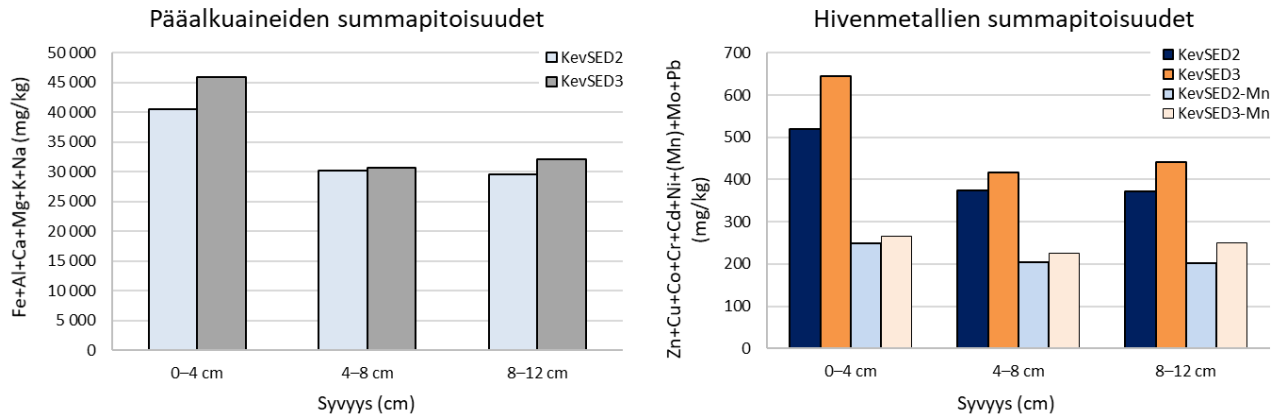
**Taulukko 3-3. Saiveljärven näytepisteiden järvisedimentin alkuaine- ja metallipitoisuudet eri kerrossyvyyksissä vuonna 2022.**

Parametrit		Näytepisteet ja -kerrokset					
		KevSED2 - 0-4 cm	KevSED2 - 4-8 cm	KevSED2 - 8-12 cm	KevSED3 - 0-4 cm	KevSED3 - 4-8 cm	KevSED3 - 8-12 cm
Kok. tyyppi (N)	g/kg ka	36	29	32	33	31	40
Fosfori (P)	mg/kg ka	1500	860	820	1900	990	920
Kalium (K)	mg/kg ka	730	380	330	920	410	370
Kalsium (Ca)	mg/kg ka	6900	5200	4700	7400	5500	5400
Magnesium (Mg)	mg/kg ka	2800	1700	1500	2800	1700	1600
Alumiini (Al)	mg/kg ka	5000	4800	4900	4700	4900	5600
Antimoni (Sb)	mg/kg ka	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Arseeni (As)	mg/kg ka	5,4	6,7	5,9	5,1	5,9	8,3
Barium (Ba)	mg/kg ka	53	36	34	53	40	39
Beryllium (Be)	mg/kg ka	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Boori (B)	mg/kg ka	5,3	7,2	8,8	<4	<4	5,3
Elohopea (Hg)	mg/kg ka	0,09	0,1	0,087	0,09	0,12	0,11
Kadmium (Cd)	mg/kg ka	0,59	0,64	0,67	0,57	0,61	0,83
Koboltti (Co)	mg/kg ka	9,3	7,6	8,6	9,7	7,9	8,7
Kromi (Cr)	mg/kg ka	57	46	47	60	49	53
Kupari (Cu)	mg/kg ka	31	14	12	40	19	16
Lyijy (Pb)	mg/kg ka	14	17	17	12	17	24
Mangaani (Mn)	mg/kg ka	270	170	170	380	190	190
Molybdeeni (Mo)	mg/kg ka	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Natrium (Na)	mg/kg ka	190	160	190	170	130	150
Nikkeli (Ni)	mg/kg ka	72	52	53	74	59	61
Rauta (Fe)	mg/kg ka	25000	18000	18000	30000	18000	19000
Rikki (S)	mg/kg ka	6300	5600	5400	5400	6100	6700
Seleeni (Se)	mg/kg ka	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Sinkki (Zn)	mg/kg ka	65	67	64	68	73	87
Strontium (Sr)	mg/kg ka	19	14	14	20	16	16
Tina (Sn)	mg/kg ka	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Titaani (Ti)	mg/kg ka	160	160	150	160	160	190
Vanadiini (V)	mg/kg ka	16	15	14	16	17	18

Pääalkuaineiden (Fe, Al, Ca, Mg, K, Na) happoliukoiset summapitoisuudet olivat tarkkailupisteillä n. 37–46 % korkeammat sedimentin pintakerroksessa (0–4 cm) alempiin kerroksiin verrattuna. Summapitoisuuden on myös aiemmin havaittu olevan korkeampi pintakerroksessa kuin alemmissä kerroksissa (Pietilä ym. 2014). Järven kaakkoisosassa (KevSED3) natriumpitoisuus oli korkeinta pintakerroksessa, mutta luoteisosassa (KevSED2) pintakerroksen pitoisuus ei poikennut alimman kerroksen pitoisuudesta. Pääalkuaineiden pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat KevSED3 pisteellä kuin KevSED2 pisteellä. (kuva 3-5; taulukko 3-3).

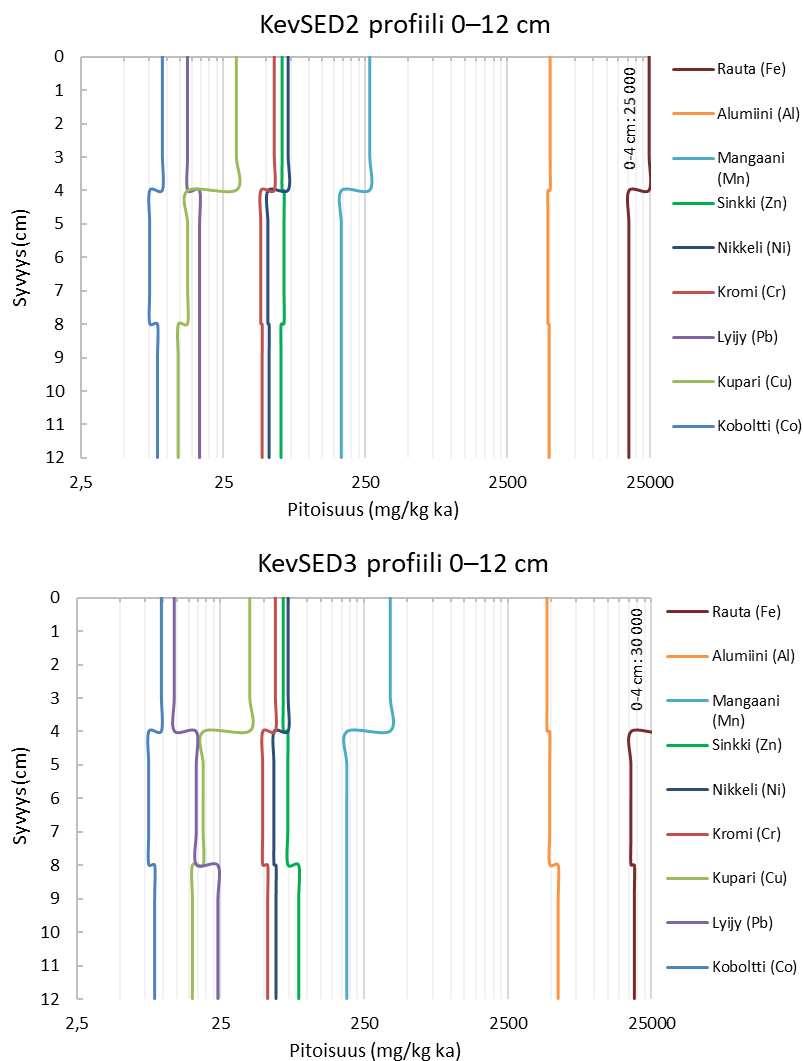
Hivenmetallien (Mn, Zn, Co, Cu, Cr, Cd, Mo, Ni, Pb) happoliukoinen summapitoisuus oli n. 45 % korkeampi pintasedimenttikerroksessa (0–4 cm) kuin alemmissä kerroksissa. Tämä johtui pääosin mangaanin muita hivenmetalleja suuremmasta pitoisuudesta näytteessä ja pitoisuuden noususta pintakerroksessa (n. 59–100 % korkeampi 4–12 cm kerroksiin verrattuna). Hivenmetallien summapitoisuudet nousivat pintakerroksessa vain n. 16 %, kun summapitoisuuksia tarkasteltiin ilman mangaania. Myös hivenmetallien pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat KevSED3 pisteellä kuin KevSED2 pisteellä. (kuva 3-5; taulukko 3-3).

## SAIVELJÄRVEN SEDIMENTTITARKKAILU 2022



**Kuva 3-5.** Vasemmassa kuvaajassa on esitetty Saiveljärven pohjasedimentin pääalkuaineiden (Fe, Al, Ca, Mg, K, Na) summapitoisuudet kerroksittain (0–4, 4–8, 8–12 cm) ja oikealla hivenmetallien ((Mn), Zn, Co, Cu, Cr, Cd, Mo, Ni, Pb) summapitoisuudet. (KevSED-Mn = summapitoisuus ilman mangaania).

Lyijy-, kadmium-, sinkki-, alumiini-, titaani-, boori-, arseeni-, vanadiini- ja elohopeapitoisuuksissa ei havaittu nousua sedimentin pintakerroksessa alapuolisiin kerroksiin verrattuna. Alla kuvassa 3-6. on havainnollistettu metallipitoisuuksien muutoksia syvyyden (ja kerrosten) suhteen.



**Kuva 3-6.** Saiveljärven sedimentin metallipitoisuuksien muutokset syvyyden (0–12 cm) suhteen.

## SAIVELJÄRVEN SEDIMENTTITARKKAILU 2022

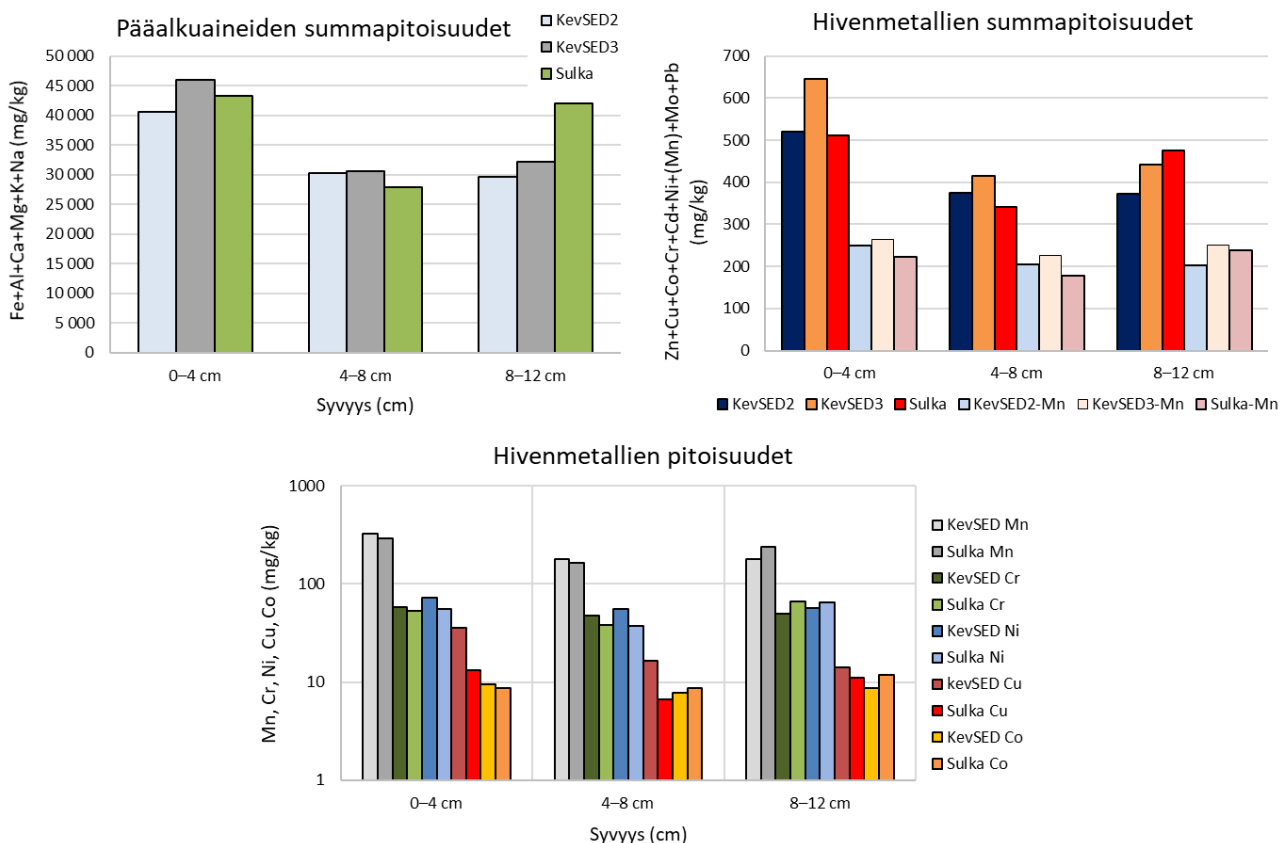
Pääalkuaineiden metalleista raudan pitoisuus oli koholla sedimentin pintakerroksessa n. 39–67 % verrattuna alempiin kerroksiin. Alumiinin pitoisuudessa ei havaittu selvää nousua pintakerroksen osalta. Sulfidista hivenmetalleista (Zn, Ni, Co, Cu, Pb) pääosin kuparin ja nikkelin pitoisuudet olivat koholla pintakerroksessa, sekä hivenmetalleista kromin ja mangaanin. Kobolttin pitoisuudet olivat suhteellisen pienet eikä muutos ole selvää. Lyijyn ja sinkin pitoisuudet olivat puolestaan pintakerroksessa alhaisimmat ja pitoisuudet kasvoivat pääosin profiilissa alaspäin.

Suurimmat prosentuaaliset muutokset pintasedimenttikerroksessa (0–4 cm) alempiin kerroksiin verrattuna (pitoisuusjärjestyksessä suurimmasta pienimpään) havaittiin alkuaineilla: kalsium (33–47 %), rauta (39–67 %), magnesium (65–87 %), fosfori (74–107 %), kalium (91–149 %), mangaani (59–100 %) ja kupari (111–158 %).

### 3.3 Analyysitulosten vertailu Sulka-hankkeeseen

Saiveljärven sedimentin analyysituloksia vertailtiin Sulka-hankkeessa (GTK 2013) määritettyihin (ICP OES/MS) sedimentin pitoisuuksiin. Analyysimenetelmät olivat samankaltaisia ja tuloksia voitiin siten vertailla keskenään. Pitoisuudet olivat pääosin samankaltaisia ja samaa suuruusluokkaa pisteiden välillä.

Sulka-hankkeen pääalkuaineiden (Fe, Al, Ca, Mg, K, Na) summapitoisuudet pintasedimentissä olivat samankaltaisia kuin Saiveljärven tarkkailutuloksissa. Hivenmetallien (Zn, Cu, Co, Cr, Cd, Ni, Mn, Mo, Pb) summapitoisuudet olivat hieman korkeammat KevSED1 ja -2 näytteissä Sulka-hankkeen pitoisuuksiin verrattuna. Yksittäiset hivenmetallipitoisuudet olivat KevSED keskipitoisuuksien perusteella pääosin lievästi korkeammat kuin Sulka-hankkeessa (ei Pb, Zn ja Mo). Suurin ero tuloksissa oli havaittavissa kuparin pitoisuuksissa, jotka olivat keskimäärin 31 mg/kg KevSED pisteillä ja 13,3 mg/kg Sulka-hankkeen pisteellä. Kuparin pitoisuus oli keskimäärin 133 % korkeampi kuin Sulka-hankkeessa havaittu pitoisuus. (Kuva 3-7).



**Kuva 3-7.** Kuvaajissa on esitetty Saiveljärven ja Sulka-hankkeen pohjasedimentin pääalkuaineiden sekä hivenmetallien summapitoisuudet kerroksittain, sekä yksittäisten hivenmetallien pitoisuudet. Huom. alimmassa kuvaajassa logaritminen asteikko. (KevSED-Mn/Sulka-Mn = summapitoisuus ilman mangaania).

## 4. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kevitsan kaivoksen ympäristön alueella on tehty Geologian tutkimuskeskuksen toimesta sedimenttitutkimuksia huhtikuussa 2013 (Sulka-hanke). Tutkimuksessa määritettiin mm. Saiveljärven sedimentin ikä ja sedimentaationopeus, fysikaalinen ja kemiallinen koostumus sekä rikin esiintyminen sedimenttinäytteissä. Tutkimuksen mukaan Saiveljärven sedimentaationopeus  $^{137}\text{Cs}$  -ikämäärityksen perusteella on noin 1,3 mm/a ja  $^{210}\text{Pb}$  -ikämäärityksen perusteella vastaavasti 1,4 mm/a.  $^{137}\text{Cs}$ -maksimipitoisuus havaittiin n. 3,5 cm syvyydellä.

Vuonna 2022 Saiveljärven itäosan syvänteestä otetussa sedimenttinäytteestä cesium-137 isotoopin maksimipitoisuus havaittiin 2 cm syvyydessä.  $^{137}\text{Cs}$  -ikämäärityksen perusteella Saiveljärven sedimentaationopeus on ollut keskimäärin 0,55 mm/a viimeisen 36 vuoden aikana Saiveljärven itäosassa. Tulos poikkeaa GTK:n (2013) määrittämästä 1,3 mm/a sedimentaationopeudesta ja havaitusta maksimipitoisuuden syvyydestä.

On mahdollista, että ikämäärityksiä varten tehdyn pintasedimentin alkamissyvyyden valinta on poikennut aiemmasta (GTK 2013) tutkimuksesta ja vaikuttanut siten havaitun aktiivisuuspiikin syvyyteen. Ikämäärityksen tuloksissa selkeän yksittäisen  $^{137}\text{Cs}$ -piikin puuttuminen sekä havaittava sahakuvio voisivat mahdollisesti viitata sedimentin sekoittumiseen järvioltaassa. Ikämäärityksen luotettavuutta laskee Saiveljärven matala syvyys (n. 1–1,5 m), mistä johtuen järviallas on altis rantavoimien vaikutuksille. Tämä aiheuttaa pohjasedimentin pintakerroksen sekoittumista. Tulokset eivät myöskään välttämättä ole täysin vertailukelpoisia näytenäytteiden sijaintien eroavaisuuksista johtuen.

Vuonna 2022 Saiveljärven sedimentti oli ulkomuodoltaan tummanruskeaa liejua. Sedimentti koostui pääosin mineraaliaineksesta ja lähes yhtä suureksi osaksi eloperäisestä aineksesta. Sedimentti oli lievästi orgaanisipitoisempaa vuoteen 2013 verrattuna. Vuonna 2022 orgaanisen aineksen määrässä ei havaittu syvyyden suhteen eroavaisuuksia, mikä poikkesi aiemmasta. Sedimentin pH-arvot olivat happamia (pH 5,3–5,9). pH-arvoissa ja rikkipitoisuuksissa ei havaittu selvää muutosta syvyyden suhteen. Happoliukoisen rikin määrä profiilissa oli keskimäärin lievästi korkeampi kuin vuonna 2013.

Fosforipitoisuuksissa havaittiin selkeä, noin kaksinkertainen pitoisuusnousu pintasedimenttikerroksessa molemmilla tarkkailupisteillä alempiin kerrossyvyyskerroksiin verrattuna. Kokonaistypen pitoisuuksissa ei havaittu selkeää muutosta syvyyden suhteen. Kokonaistypen osuudet olivat keskimäärin hieman korkeampia kaikissa kerroksissa kuin vuonna 2013 havaitut typen osuudet.

Pääalkuaineiden (Fe, Al, Ca, Mg, K, Na) happoliukoiset summapitoisuudet olivat tarkkailupisteillä n. 37–46 % korkeammat sedimentin pintakerroksessa alempiin kerroksiin verrattuna. Summapitoisuuden on myös aiemmin havaittu olevan korkeampi pintakerroksessa kuin alemmissä kerroksissa (Pietilä ym. 2014). Pääalkuaineiden pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat KevSED3 pisteellä kuin KevSED2 pisteellä. Alumiinin ja natriumin pitoisuuksissa ei havaittu selvää muutosta syvyyden suhteen.

Hivenmetallien (Mn, Zn, Co, Cu, Cr, Cd, Mo, Ni, Pb) happoliukoinen summapitoisuus oli n. 45 % korkeampi sedimentin pintakerroksessa kuin alemmissä kerroksissa. Tämä johtui pääosin mangaanin muita hivenmetalleja suuremmasta pitoisuudesta näytteessä ja pitoisuuden noususta pintakerroksessa. Hivenmetallien summapitoisuudet nousivat pintakerroksessa vain n. 16 %, kun summapitoisuuksia tarkasteltiin ilman mangaania. Myös hivenmetallien pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat KevSED3 pisteellä kuin KevSED2 pisteellä. Hivenmetalleista kuparin, nikkelin, kromin ja mangaanin pitoisuudet olivat koholla pintakerroksessa. Kobolttin pitoisuudet olivat alhaiset eikä muutos ollut selvä. Lyijyn ja sinkin pitoisuudet olivat matalimmat pintakerroksessa ja pitoisuudet nousivat profiilissa alaspäin mentäessä.

Pääpiirteittäin tuloksista voidaan havaita sedimentin pintakerroksessa kohonneet fosforin, raudan, mangaanin, kuparin, sekä emäskationeiden kalsiumin, magnesiumin ja kaliumin pitoisuudet.

Sulka-hankkeen pintasedimentin pitoisuuksiin verrattuna vuonna 2022 tutkitut pääalkuaineiden pitoisuudet olivat samankaltaisia. Hivenmetallipitoisuudet olivat kuitenkin lievästi korkeammat kuin vuonna 2013. Suurin yksittäinen pitoisuusnousu havaittiin kuparin osalta.

## 4.1 Näytteenoton soveltuvuus

Jatkossa sedimenttinäytteenotossa tulisi noudattaa tässä raportissa kuvailtua menetelmää tulosten sekä erityisesti ikämäärityksen luotettavuuden parantamiseksi. Saiveljärvi on pääpiirteissään matala ja tasapohjainen järviallas, jossa erillisiä selvärajaisia syvänteitä ei ole havaittu. Näytepisteiksi valittiin kartta-aineiston ja kenttähavaintojen pohjalta paikat, missä oletettavasti rantavoimien vaikutus on vähäisintä ja sedimentaatio rauhallisinta. Tarkkailua tulisi jatkaa näiltä pisteiltä, ellei syvempiä pisteitä löydetä.

Tutkimuksessa käytetty viipaloiva Limnos-näytteenotin on soveltuvin työkalu tämän tyyppiseen sedimenttinäytteenottoon. Vaihtoehtoisesti näytteenottimena voidaan käyttää laippakairaa, mutta laippakaira on Limnos-noudinta alttiimpi vesipitoisen maa-aineksen pois valumiseen näytteenottimesta. Limnos-noutimella sedimentin kerrosjärjestys säilyy paremmin ja häiriintyvyys vähenee. Jatkossa tulisi käyttää mieluiten Limnos-sedimenttinoudinta kuten tässä tarkkailussa.

Limnos-näytteenotossa virhelähteitä voi muodostua esimerkiksi kesällä, jos näytteenotin osuu pohjaan vinossa asennossa veneen liikkeen vuoksi. Jos näytteenotin lasketaan liian nopeasti, sedimentin höttöinen pinta voi pöllähtää ottimen tieltä pois, mikä alentaa pintakerroksen tulkittua korkeutta. Raskasta ja lyhyellä putkella varustettua näytteenotinta käytettäessä on myös varottava, ettei se vajoa liian syvälle. Tällöin sedimentin ylimmät kerrokset tulevat ottimesta yläkautta pois. (Kettunen ym. 2008).

Sedimenttinäytteenotto oli kuvien perusteella onnistunutta. Sedimenttiprofiilit olivat kuvien perusteella häiriytymättömiä, koska näytteessä sedimentin ja veden välinen raja oli selvä ja rajapinta oli pääosin lähes vaakasuora. Näytteenotosta teki haastavan järven pohjasedimentin löyhä orgaanispitoinen pintakerros, mikä mahdollisesti aiheutti epätarkkuutta pohjasedimentin alkamissyvyyden tulkintaan ja siten sedimentaationopeuden määrittämiseen.

## 4.2 Jatkotoimenpide-ehdotukset

Koska sedimentin ikämääritys ja sen perusteella laskettu sedimentaationopeus poikkesivat selvästi vuonna 2013 määritetystä sedimentaationopeudesta, olisi <sup>137</sup>Cs -ikämääritys hyvä suorittaa uudelleen tulosten varmistamiseksi mahdollisesti kesällä 2023. Sedimentaationopeuden varmistuttua tarkkailua olisi hyvä jatkaa 5 vuoden välein.

Tarkkailua tulisi jatkaa myös ainakin kaikkien niiden tutkittujen parametrien osalta, joiden pitoisuuksissa havaittiin muutosta sedimentin pintakerroksessa alempiin kerrossyvyyskerroksiin verrattuna. Tulosten valossa 3-5 vuoden tarkkailutiheys on riittävä mahdollisten muutosten havainnoimiseksi.

# LÄHTEET

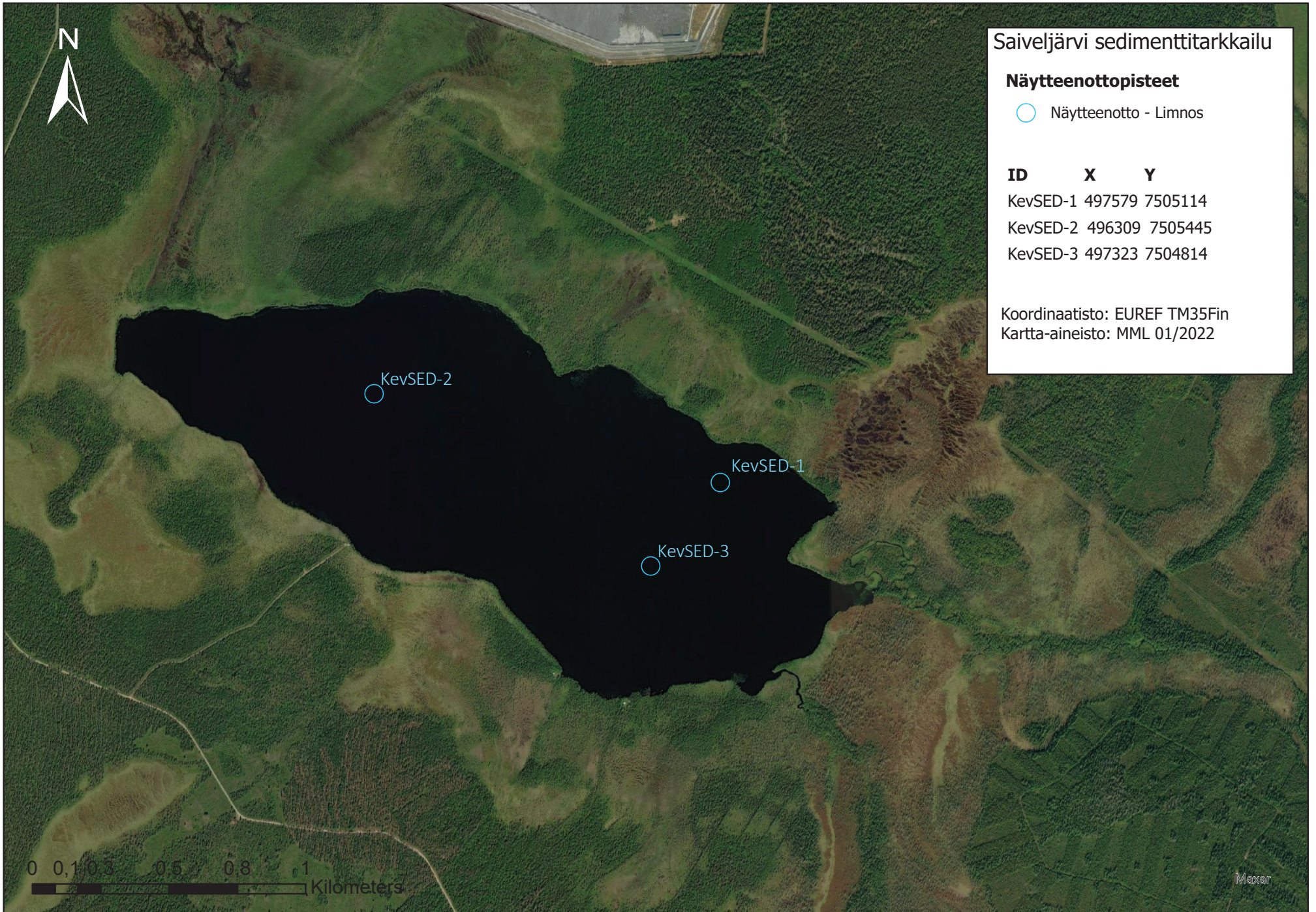
Boliden Kevitsa Mining Oy. 2022. Saiveljärven sedimenttitarkkailuesitys. 5 s +liitteet.

Geologian tutkimuskeskus (GTK). 2022. Menetelmäkuvaus. Sisäinen tietolähde.

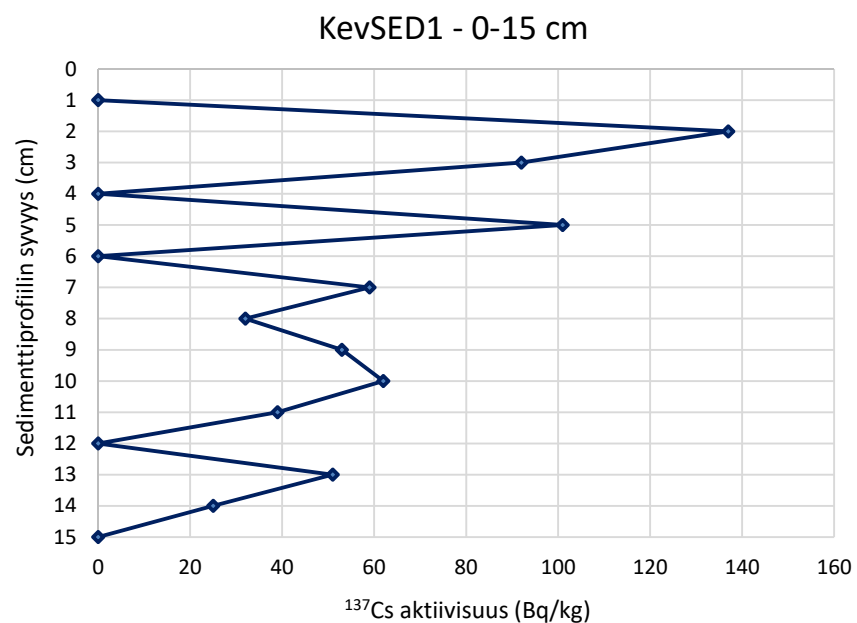
Kettunen, I., Mäkelä, A. ja Heinonen, P. 2008. Vesistötietoa näytteenottajille. Suomen ympäristökeskus, SYKE. Helsinki, 2008.

Mattila, J., Kankaanpää, H., Ilus, E., 2006. Estimation of recent sediment accumulation rates in the Baltic Sea using artificial radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  as time markers. *Boreal Env. Res.* 11: 95-107.

Pietilä, R., Eloranta, T., Räisänen, M., Tornivaara, A., Törmänen, T., Väisänen, U., 2014. Rikkiyhdisteiden vaikutusten arviointi – Sulka-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus.



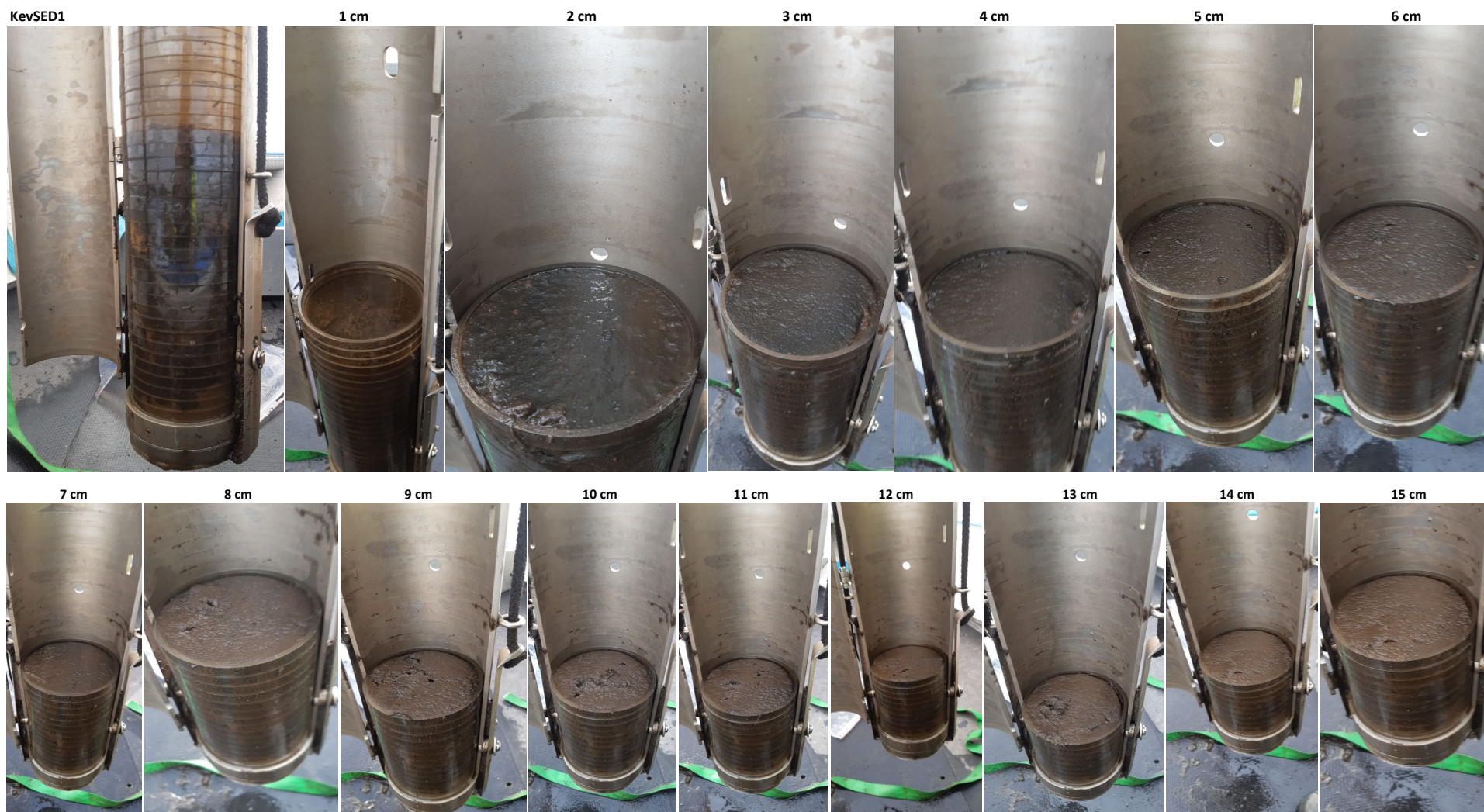




Sedimenttiprofiilin syvyys	<sup>137</sup> Cs
cm	Bq/kg
KevSED1 - 1 cm	<20
KevSED1 - 2 cm	137
KevSED1 - 3 cm	92
KevSED1 - 4 cm	<20
KevSED1 - 5 cm	101
KevSED1 - 6 cm	<20
KevSED1 - 7 cm	59
KevSED1 - 8 cm	32
KevSED1 - 9 cm	53
KevSED1 - 10 cm	62
KevSED1 - 11 cm	39
KevSED1 - 12 cm	<20
KevSED1 - 13 cm	51
KevSED1 - 14 cm	25
KevSED1 - 15 cm	<20

Saiveljärven sedimentin analyysitulokset 2022

Tarkkailupiste ja syvyys	Hehkutus- jäännös (450°C)	Kosteus (%)	Kuiva-aine (%)	pH (1:5)	Kalium (K)	Kalsium (Ca)	Magnesium (Mg)	Fosfori (P)	Typpi (N)	Typpi (N), kok.pit.	Alumiini (Al)	Antimoni (Sb)	Arseeni (As)	Barium (Ba)	Beryllium (Be)	Boori (B)	Elohopea (Hg)	Kadmium (Cd)	Koboltti (Co)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Mangaani (Mn)	Molybdeeni (Mo)	Natrium (Na)	Nikkeli (Ni)	Rauta (Fe)	Rikki (S)	Seleeni (Se)	Sinkki (Zn)	Strontium (Sr)	Tina (Sn)	Titaani (Ti)	Vanadiini (V)
	% ka	%	%		mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	kg/t	g/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
KevSED2 - 0-4 cm	51,8	93,7	6,3	5,6	730	6900	2800	1500	2,3	36	5000	<2	5,4	53	<1	5,3	0,09	0,59	9,3	57	31	14	270	<1	190	72	25000	6300	<3	65	19	<3	160	16
KevSED2 - 4-8 cm	51,4	92,5	7,5	5,6	380	5200	1700	860	2,2	29	4800	<2	6,7	36	<1	7,2	0,1	0,64	7,6	46	14	17	170	<1	160	52	18000	5600	<3	67	14	<3	160	15
KevSED2 - 8-12 cm	50	92,9	7,1	5,6	330	4700	1500	820	2,3	32	4900	<2	5,9	34	<1	8,8	0,087	0,67	8,6	47	12	17	170	<1	190	53	18000	5400	<3	64	14	<3	150	14
KevSED3 - 0-4 cm	52,2	93,1	6,9	5,9	920	7400	2800	1900	2,3	33	4700	<2	5,1	53	<1	<4	0,09	0,57	9,7	60	40	12	380	<1	170	74	30000	5400	<3	68	20	<3	160	16
KevSED3 - 4-8 cm	52,7	90,7	9,3	5,4	410	5500	1700	990	2,9	31	4900	<2	5,9	40	<1	<4	0,12	0,61	7,9	49	19	17	190	<1	130	59	18000	6100	<3	73	16	<3	160	17
KevSED3 - 8-12 cm	52,3	92,6	7,4	5,3	370	5400	1600	920	3	40	5600	<2	8,3	39	<1	5,3	0,11	0,83	8,7	53	16	24	190	<1	150	61	19000	6700	<3	87	16	<3	190	18



KevSED2



0-4 cm



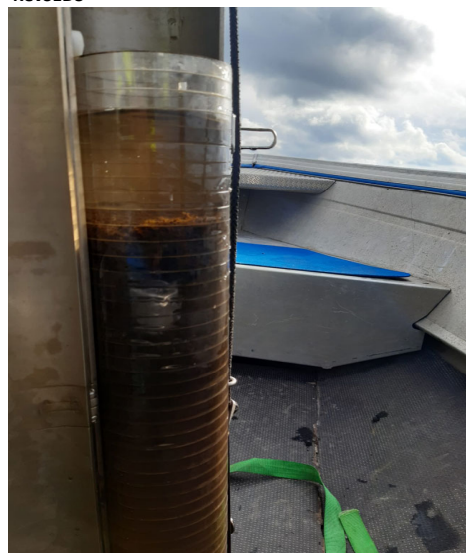
4-8 cm



8-12 cm



KevSED3



0-4 cm



4-8 cm



8-12 cm

