

# Varkauden Huruslahden ja Haukiveden haitta-aineiden jälkitarkkailu 2022

20.12.2023

1741



## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	8
1.1 Tarkkailun tarkoitus ja peruste.....	8
2. TARKKAILUN SISÄLTÖ .....	8
2.1 Vedenlaatu ja päästötarkkailu .....	8
2.2 Sedimenttitutkimukset.....	8
2.2.1 Pohjasedimentti.....	8
2.2.2 Bruttosedimentaatio.....	9
2.3 Kalasto.....	9
3. TARKKAILUN TULOKSET .....	9
3.1 Pirtinvirran haitta-ainepitoisuudet ja päästötarkkailu.....	10
3.2 Bruttosedimentaatio .....	11
3.3 Sedimentit .....	15
3.4 Kalasto.....	24
LÄHTEET .....	27

## LIITTEET

- Havaintopaikkakartat (kartat: FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy)
  - Yleiskartta
  - Huruslahti – Unnukka
  - Huruslahti – Tahkonsalmi
  - Tahkonsalmi – Natura-alue
  - Natura-alue
- Pirtinvirran vesinäytteiden tulokset ja alihankinnan tutkimustodistukset
- Sedimenttikeräinnäytteiden tulokset ja alihankinnan tutkimustodistukset
- Sedimenttinäytteiden tulokset, näytekohtaiset tiedot ja näytteenottosyvyys sekä alihankinnan tutkimustodistukset
- Kalanäytteiden tulokset, näytetiedot ja alihankinnan tutkimustodistukset

## TILAAJA

Pohjois-Savon ELY-keskus  
Varkauden kaupunki  
Stora Enso Oyj, Varkauden tehtaat  
Joroisten kunta

## JAKELU

Stora Enso Oyj, Varkauden tehtaat: Ulla-Maija Olander, laboratorio  
Keski-Savon Vesi Oy: Janne Särkkä, Arto Koponen  
Finnforel Oy: Aleksei Khoduev, Jani Rantula  
Keski-Savon ympäristötoimi: Eila Kainulainen, Toni Manninen, Milla Hartikainen  
Rantasalmen ympäristönsuojelulautakunta: Päivi Yli-Kovero  
Haukiveden kalatalousalue: haukivesikalatalousalue@gmail.com  
Microbi: Jani Poussu  
Pohjois-Savon ELY-keskus: kirjaamo  
Etelä-Savon ELY-keskus: kirjaamo

## TIIVISTELMÄ

Vuonna 2022 Varkauden Huruslahden ja Haukiveden haitta-ainetarkkailun toteutti Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. Tutkimus toteutettiin vuoden 2016 tutkimuksen tavoin. Tarkkailuun kuului vesinäytteitä, bruttosedimentaationäytteitä, sedimenttinäytteitä, kalänäytteitä sekä kalastoselvitys.

Voimakkanavan keskimääräinen vuorokausivirtaama oli 6364 tuhatta m<sup>3</sup> ja virtaus keskimäärin suurinta keväällä sulamisvesien aikaan.

Vuoden 2022 havaintokerroilla Pirtinvirran vedestä ei havaittu kummallakaan kerralla elohopeaa, tinaa eikä sinkkiä. Toukokuun havaintokerralla elohopean määritysraja oli tosin alihankintalaboratoriosta johtuen liian korkea, <0,1 µg/l. Määritysraja oli korkeampi kuin haitta-aine asetuksen VNa 1308/2015 MAC-arvo, joka ei saisi hetkellisestikään ylittyä. Organotinoja ei vedestä myöskään havaittu. Molemmilla tarkkailukerroilla vedestä havaittiin vähäiset määrät nikkeliä ja kuparia.

Sedimenttikeräinten näytteissä kiintoainepitoisuudet olivat Huruslahdessa Siitinselkää suurempia. Maaliskuussa kiintoainetta oli Siitinselän näytteissä jääkannesta ja talviolosuhteista johtuen vain vähän. Organotinojen pitoisuus kiintoaineessa oli Huruslahdella selvästi Siitinselkää suurempi. Suurimmat pitoisuudet havaittiin Huruslahden matalalla asemalla (11 m) maaliskuun sekä marraskuun näytekerroilla. Syvännakohtaisilla, eri syvyyksissä olevilla keräimillä pitoisuuserot olivat Siitinselällä pieniä. Huruslahdella pitoisuuksissa esiintyi eri syvyyksissä enemmän vaihtelua. Verrattaessa pitoisuuksia vuosien 2009 ja 2016 tutkimusten sedimenttikeräinnäytteisiin, olivat pitoisuudet selvästi alhaisempia. TBT:n prosentuaalinen osuus oli Huruslahden näytteissä Siitinselän näytteitä suurempi.

Sedimenttikeräinten kiintoaineesta määritetyistä raskasmetallipitoisuuksista tinan pitoisuudet olivat Huruslahdella keskimäärin Siitinselkää korkeampia, vaikkakin Siitinselän 5m asemalla maaliskuussa korkein pitoisuus havaittiinkin. Myös elohopea- ja kuparipitoisuudet olivat keskimäärin korkeampia Huruslahdella, mutta muilta osin metallien pitoisuustasoissa ei ilmennyt asemien tai syvyyksien välillä suuria eroavaisuuksia. Elohopean ja kadmiumin pitoisuudet olivat tasaisen alhaisia ja niissä esiintyi tinapitoisuuksia vähemmän hajontaa.

Kiintoaineen kertyminen/sedimentaatio pinta-alaa kohden oli suurinta loppukesällä elokuun näytteenottokerralla. Talvella, jääkannen alla aineksen kertyminen oli hyvin vähäistä. Huruslahden asemilla sedimentaatio oli myös selvästi Siitinselkää suurempaa. Huruslahden 11m asemalla elohopean kertyminen keskittyi hyvin suurella todennäköisyydellä pidemmästä inkubointiajasta johtuen marraskuun näytteenottokertaan. Huruslahden 18m asemalla samaa vaikutusta ei havaittu ja elohopeaa oli kertynyt enemmän elokuun ja syyskuun näytekerroilla. Lyijyn kertyminen oli Huruslahden 11m asemalla verrattain tasaista, mutta eniten lyijyä oli kertynyt elokuun ja marraskuun näytekerroilla. Huruslahden 18m asemalla lyijyä oli kertynyt elo ja syyskuussa selvästi marraskuuta enemmän.

Siitinselällä elohopean ja lyijyn kerääntyminen oli runsainta elokuun ja syyskuun näytekerroilla ja yhdisteitä havaittiin hieman enemmän Siitinselän 10m asemalta. Myös muiden metallien kertyminen keskittyi samantyyllisesti elo ja syyskuun näytteenottokerroille.

Sedimenttikeräinten ja vesinäytteiden tulosten mukaan organotinat ja raskasmetallit näytäsivät kulkeutuvan pääsääntöisesti kiintoaineen mukana. Pitoisuudet ja määrät ovat Huruslahden asemilla Siitinselän asemia suurempia. Eri organotinayhdisteiden suhteet vaihtelivat siten, että TBT:n osuus organotinoista oli keskimäärin Huruslahdella Siitinselkää suurempi, mikä viittaa pidemmälle menneeseen hajoamiseen viimeksi mainitulla alueella sekä siihen, että Huruslahdella virtaukset pölyttävät pohjasta kontaminoitunutta, tributyylitinaa sisältävää sedimenttiä. Selvästi eniten tributyylitinaa oli kerääntynyt marraskuun näytteenottokerralla Huruslahden 11m asemalla, mihin vaikuttanee myös pidempi inkubointiaika. Vuoden 2022 tutkimuksessa sedimenttikeräinten organotinojen pitoisuudet kiintoaineessa olivat vuoden 2016 ja 2009 pitoisuuksia pienempiä, jonka mukaan näyttäisi siltä, että hidas puhdistuminen on jatkunut edellisestä tutkimuskerrasta.

Vuoden 2022 tutkimuksessa pohjasedimenttinäytteenotto ja analysointi haitta-aineiden osalta toteutettiin vuoden 2016 tutkimuksen tavoin 13 asemalta. Keskimääräinen organotinapitoisuustaso kuiva-aineessa oli Huruslahdella korkeampi kuin sen alapuolisilla asemilla. Linnansaaren natura-alueen organotinapitoisuudet olivat hyvin alhaisia. Verrattaessa pitoisuuksia vuoden 2016 näytteisiin, tutkimuksen korkeimmat organotinapitoisuudet havaittiin vuonna 2016 Huruslahden asemalta H2, kerroksista 3-10 cm. Vuoden 2022 tutkimuksessa pitoisuudet olivat puolestaan korkeimmillaan Huruslahden asemalla H9, kerroksissa 0-3 cm.

Organotinayhdisteiden prosenttiosuuksissa TBT:n osuus oli keskimäärin Huruslahdella alapuolisten alueiden asemia suurempi. Tributyylitinan hajoamistuotteiden dibutyylitinan (DBT) ja monobutyylitinan (MBT) yhteenlasketut prosenttiosuudet kuitenkin olivat pääosin tributyylitinan prosenttiosuutta suurempia. Suurin TBT:n prosenttiosuus havaittiin Huruslahti-Tahkosalmen alueella, missä tributyylitinaa havaittiin sen hajoamistuotteiden prosenttiosuuksia selvästi enemmän. Organotinojen yhteenlaskettu kokonaispitoisuus oli kuitenkin verrattain alhainen. Linnansaaren Natura-alueella organotinojen kokonaispitoisuudet olivat alhaisia ja osalla asemista ei tributyylitinaa havaittu ollenkaan, vaan ainoastaan alhaiset pitoisuudet monobutyylitinaa. Huruslahden ja Huruslahti-Tahkosalmi alueilla monobutyylitinan osuus on pääosin dibutyylitinan prosenttiosuutta pienempi, mutta monobutyylitinan prosenttiosuus kasvoi Tahkosalmesta Linnansaaren Natura-alueelle päin mentäessä. Trifenyyylitinaa havaittiin alhainen pitoisuus ainoastaan Huruslahti-Tahkosalmen alueen asemalta L6D, sedimenttikerroksista 0-3 cm.

Linnansaaren Natura-alueella raskasmetallien keskimääräiset pitoisuudet olivat pääsääntöisesti mittausepävarmuudet huomioiden lähellä vuoden 2016 tutkimuksen tasoa, mutta vuoden 2015 tasoa korkeampia. Selvemmin vuodesta 2016 laski sinkki- sekä lyijypitoisuudet, vaikkakin erot olivat silti pieniä. Eri tarkkailuvuosien keskiarvot eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia, koska näytteiden määrä ja sijoittuminen vaihtelevat, mutta vuoden 2015 matalampi taso näkyi myös asemakohtaisissa tuloksissa.

Normalisoidut TBT-pitoisuudet Huruslahden osa-alueella ylittivät vuoden 2022 tutkimuksessa tason 2 lähes kaikissa näytteissä, kuten ylittivät myös vuoden 2016 tutkimuksessa. Huruslahden alapuolella taso ylittyi vain asemalla HT9. Sedimenttinäytteiden lyijyn, kromin, kadmiumin ja arseenin normalisoidut pitoisuudet pääosin alittivat 1B-tason, jolloin haitta-aineilla ei ole vaikutusta läjityskelpoisuuteen. Ainoastaan Huruslahti-Tahkosalmen osa-alueen asemalla HT9, sedimenttikerroksista 3-10 cm selvästi erottuva lyijypitoisuus nousi tason 1C rajan yläpuolelle. Lyijyn, arseenin ja kadmiumin pitoisuudet olivat Linnansaaren Natura-alueella vuosien 2015-2016 tutkimusten tavoin keskimäärin muita asemia korkeampia, mutta pitoisuudet olivat kuitenkin pääasiassa aikaisempien tutkimusten tasoa alhaisempia. Kromin pitoisuuksissa esiintyi enemmän hajontaa ja pitoisuudet olivat Huruslahden, Huruslahti-Tahkolahden sekä Tahkosalmen ja Linnansaaren Natura-alueen osa-alueilla pääosin lähellä vuoden 2016 tasoa tai hieman sitä korkeampia. Linnansaaren Natura-alueella pitoisuudet olivat vuoden 2016 tasoa ja pääosin myös vuoden 2015 tasoa alhaisempia.

Vuoden 2022 tutkimuksessa ei vuoden 2016 kaltaisia alhaisia savesmääriä Linnansaaren Natura-alueen asemilla havaittu ja pitoisuudetkin olivat pääosin vuotta 2016 alhaisempia.

Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen laatukriteerien tason 2 rajan ylittäviä pitoisuuksia ei kuparin, sinkin ja elohopea osalta vuoden 2022 tutkimuksessa havaittu. Ainoastaan nikkelpitoisuus ylitti tason 2 rajan Huruslahti-Tahkosalmen osa-alueen asemalla HT9, sedimenttikerroksissa 0-3 cm. Kuparin, sinkin ja elohopean osalta tutkimusvuosien 2015-2016 kaltaisia korkeita pitoisuuksia ei asemalta HT9 enää havaittu. Tason 1B rajan ylittäviä kuparipitoisuuksia havaittiin Huruslahden asemilta H2 ja H9 ja Huruslahti-Tahkosalmen asemalla HT9 pitoisuus oli rajan tuntumassa. Huruslahden asemilta havaittiin myös lievästi tason 1B ylittäviä nikkeli- ja elohopeapitoisuuksia. Sinkin pitoisuudet ja suurin osa elohopean pitoisuuksista sijoittuivat tasolle 1A, missä haitta-aineilla ei ole vaikutusta läjityskelpoisuuteen.

Korkeat havaitut pitoisuudet ovat aikaisempina tutkimusvuosina liittyneet lähinnä näytteiden vähäiseen savesmäärään, mikä on vaikuttanut osaltaan normalisoituun pitoisuuteen. Vuoden 2022 tutkimuksessa alhaisin savipitoisuus (<2 µm) havaittiinkin asemalta HT9, sedimenttikerroksista 0-3 cm, missä saveksen osuus oli vain 1,6 %. Suurin osa sedimentistä oli hiekkaa ja silttiä (> 2 µm). Normalisoimattomiin pitoisuuksiin verrattaessa asetuksen VNa:n 214/2007 kynnysarvon ja alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia havaittiin lähinnä vain Huruslahdesta.

Tinaa havaittiin pääasiassa vain Huruslahden asemilta, pois lukien asema H4, jonka tina-pitoisuudet olivat alle määräysrajan.

Vuoden 2022 kalaselvityksissä TPhT:n määrät olivat Huruslahdessa TBT:a selvästi pienemmät ja kaloista havaittu organotinojen summa selvästi alapuolisia alueita suurempi. Alapuolisella Siitinselällä ja Vuoriselällä TPhT:n ahvenista havaittu määrä oli TBT:a suurempi. Huruslahden alapuolisilla alueilla havaitut pitoisuudet olivat alhaisia. Vuoden 2022 tutkimuksessa Huruslahdessa ahvenista havaittu organotinojen summapitoisuus oli vuoden 2016 summapitoisuutta hieman korkeampi ja elohopeapitoisuus vuoden 2016 tutkimusta hieman alhaisempi. Siitinselällä ahvenista havaittu organotinojen summapitoisuus ja elohopeapitoisuus olivat vuoden 2016 tutkimuksen kanssa lähes samaa tasoa. Vuoriselällä havaittu summapitoisuus oli vuoden 2016 tasoa hieman alhaisempi, elohopeapitoisuus samalla tasolla. Kiiskien elohopeapitoisuus oli Huruslahdella vuoden 2016 tasoa alhaisempi ja Siitinselällä määritystarkkuus huomioon ottaen vuoden 2016 tutkimuksen kanssa lähes samaa tasoa. Kalatutkimusten tulosten perusteella organotinojenkin havaittu määrä oli alhainen ja selkeää tarvetta rajoittaa kalan käyttöä tarkkailualueilla ei ilmennyt. Ravintoketjussa norppien kannalta korkealla olevia kiiskiä onnistuttiin saamaan, mutta niiden koko oli niin pieni, ettei niistä saatu elohopeamääritysten lisäksi organotinamäärityksiä tehtyä.



# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tarkkailun tarkoitus ja peruste

Varkauden Huruslahden sedimentin tila on tutkimusten mukaan kuormittunut orgaanisilla haitta-aineilla, erityisesti orgaanisilla tinayhdisteillä sekä raskasmetalleilla lähinnä elohopealla. Saastumisen vaikutukset on havaittu ulottuvan yli 50 km alavirtaan aina Haukiveden Natura-alueelle asti. Saastuneen alueen kunnostusmenetelmäksi päätettiin vuonna 2013 päättyneen YVA-prosessin perusteella 'luontainen monitoroitu puhdistuminen', missä tarkkaillaan saastuneen alueen vaikutuksia alapuolisessa vesistössä. Ohjelman sisältö perustuu FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:n 6.3.2015 julkaistuun raporttiin P23443P001: *Huruslahti, Varkaus, kunnostusvaihtoehto 0+: monitoroitu luontainen puhdistuminen*.

Tarkkailussa on mukana viisi osa-aluetta: Unnukka (tausta-alue), Huruslahti, Huruslahti-Tahkosalmi, Tahkosalmi-Linnansaaren Natura-alue sekä Linnansaaren Natura-alue. Tavoitteena on seurata tarkkailualueen puhdistumista ja haitta-aineiden kulkeutumista sekä haitta-aineista aiheutuvia haittoja. Huruslahden kunnostustarkkailu aloitettiin Haukiveden päivitetyn (15.12.2015) yhteistarkkailuohjelman yhteydessä vuonna 2016.

## 2. TARKKAILUN SISÄLTÖ

Vuoden 2022 tarkkailu koostui veden, pohjasedimentin, bruttosedimentaation sekä kalaston ja kalojen haitta-aineiden tarkkailusta.

### 2.1 Vedenlaatu ja päästötarkkailu

Vedenlaadun tarkkailu tehdään Pirtinvirran yhteistarkkailun havaintopaikalta. Kiintoaineen (4 krt/vuosi) ja haitta-aineiden (2 krt/vuosi) määrittely tehdään Pirtinvirran vesinäytteistä. Haitta-aineista analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet, nikkeli, kupari, sinkki, tina ja elohopea. Virtaamatietoina käytettiin Stora Enso Oyj:n Voimakanavan jatkuvatoimista mittausta.

### 2.2 Sedimenttitutkimukset

Sedimenttitutkimukset jakautuvat pohjasedimentti- ja bruttosedimentaatiotutkimuksiin.

#### 2.2.1 Pohjasedimentti

Vuoden 2022 selvitykset perustuivat aiempiin selvityksiin (Ramboll 2009, FCG 2015, Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2016). Asemia on 13 ja ne on määritelty vuoden 2015 tehtyjen selvitysten mukaan: H4, H3, H2, H9, HT9, LD6, L12, L17, L19, L33, N5, T2 ja T5. Asemat on esitetty liitteen 1 kartoissa sekä tarkemmin FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:n 6.3.2015 ilmestyneessä raportissa P23443P001: *Huruslahti, Varkaus, kunnostusvaihtoehto 0+: monitoroitu luontainen puhdistuminen*.



Analyyseihin otettiin mukaan sedimenttipatsaan syvyydet 0-3 cm ja 3-10 cm. Ylimääräiset näytteenosat ja reservinäytteet on pakastettu mahdollisia myöhemmin sovittavia lisäanalyysjä varten.

### 2.2.2 Bruttosedimentaatio

Tutkimus toteutettiin vuoden 2009 ja 2016 tutkimuksia vastaavilla bruttosedimentaatio-tutkimusasemilla, kahdella eri kohteella ja kahdesta eri syvyydestä sekä kahdella rinnakkaisella sedimentaatiokeräimellä. Putken halkaisija oli 55 mm ja korkeus 400 mm. Näyteasemat olivat Huruslahdella 11 m ja 18 m. Siitinselällä (osa-alue Huruslahti-Tahkosalmi) näytesyvyydet olivat 5 m ja 10 m. Näytteistä analysoitiin kiintoainepitoisuus, hehkutushäviö, hehkutusjäännös, kuiva-ainepitoisuus, orgaaniset tinayhdisteet (monobutyylitina, dibutyylitina, tributyylitina ja trifenyylitina) sekä elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, sinkki, tina sekä arseeni.

## 2.3 Kalasto

Yhteistarkkailuohjelman mukaisesti koekalastukset tehtiin Ykspuussa, Akonniemessä ja Siitinselällä. Huruslahti oli mukana TBT-tarkkailun kautta. Tutkimuskohteina ovat kalaston rakenne ja runsaus sekä kalojen sisältämät organotinat ja elohopea. Haitta-aine määritykset tehtiin mahdollisuuksien mukaan hauesta, ahvenesta ja kiiskestä, joista kiiski on merkittävä norpan ravintokala. Kaloista hauki kuvastaa ravintoketjukulkeutumista ja tärkeänä ravintokalana ihmisiin kohdistuvaa altistusta. Kiiski pöyhii pohjaa; yhdessä ahvenen kanssa ne kuvastavat haitta-aineiden ravintoketjukulkeutumista.

## 3. TARKKAILUN TULOKSET

Vesi-, sedimentti- bruttosedimentaatio- ja kalanäytteenotto sekä koekalastus vuonna 2022 tehtiin taulukon 1 mukaisesti ja analysoitiin taulukon 2 mukaisissa laboratorioissa lähes kaikkien määritysten osalta akkreditoituihin menetelmin. Akkreditoimattomia menetelmiä oli ainoastaan Pirtinvirran elokuun elohopeamääritys.

**Taulukko 1.** Näytteenottoajankohdat. Vesinäytteiden osalta lihavoituna näytteenottokerat, kun organotinat ja metallit on määritetty

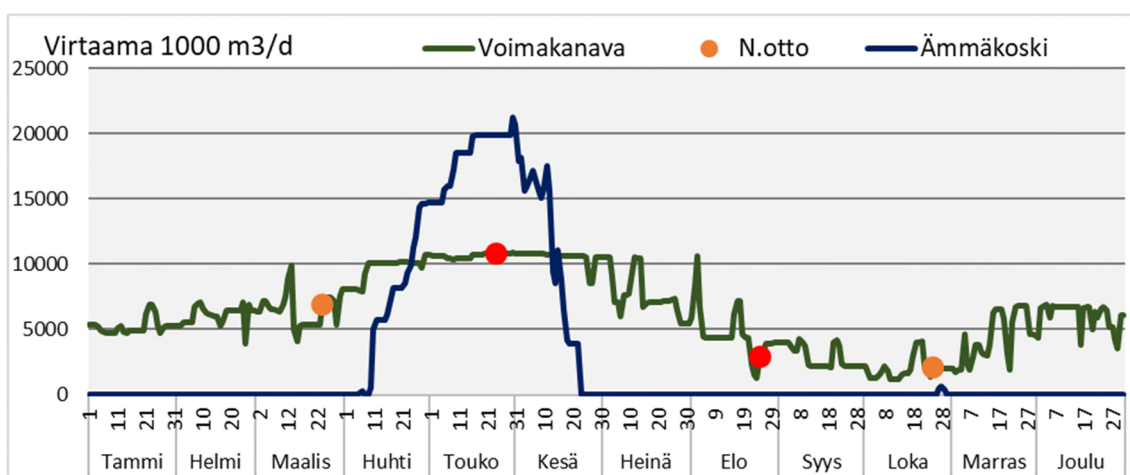
Tarkkailukohde	Näytteenottoajankohdat
Pirtinvirta, vesinäytteet	24.3. , <b>24.5.</b> , <b>25.8.</b> , 25.10.2022
Bruttosedimentaatio	28.3. , 1.8. , 21.9. , 17.11.2022
Sedimenttinäytteet	26.-28.10. , 31.10. , 1.-2.11.2022
Koekalastus	16.8., 18.8.2022

**Taulukko 2.** Hankintalaboratoriot. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, MetropoliLab Oy, ALS Finland Oy, KVVY Tutkimus Oy.

Määrittyskohde	Raskasmetallit	Organotinat + tinat	Saves
Vesinäytteet	SKYT	MetropoliLab, KVVY	
Bruttosedimentaationäytteet	SKYT	MetropoliLab, KVVY	
Sedimenttinäytteet	SKYT	ALS	ALS
Kalanäytteet	KVVY	Eurofins	

### 3.1 Pirtinvirran haitta-ainepitoisuudet ja päästötarkkailu

Stora Enso Oyj:ltä mittaa jatkuvatoimisesti virtaamaa Voimakanavasta ja Ämmäkoskesta. Vesi virtaa Voimakanavasta Huruslahteen ja Pirtinvirran kautta pois. Virtaaman lisäksi Huruslahteen tulee jonkin verran vettä valuma-alueelta. Vuoden 2022 vuorokausivirtaamat Voimakanavassa ja Ämmäkoskessa on esitetty kuvassa 1. Voimakanavan keskimääräinen vuorokausivirtaama oli 6364 tuhatta m<sup>3</sup> ja vettä virtasi keskimääräisesti eniten keväällä sulamisvesien aikaan. Keskivirtaama oli 73,7 m<sup>3</sup>/s, minimivirtaama 14,1 m<sup>3</sup>/s ja maksimivirtaama 126 m<sup>3</sup>/s.



**Kuva 1.** Voimakanavan ja Ämmäkosken virtaama vuonna 2022. Ämmäkosken patoluukut ovat olleet ja välillä kiinni, jolloin virtaamaa ei ole ollut. Ämmäkosken ohitusuoma avattiin 30.11.2022. Vesinäytteiden otto on merkitty ympyröillä. Punaisten ympyröiden näytteistä määritettiin organotinat ja metallit. X-akselilla kuukaudet ja päivät, Y-akselilla virtaama.

Pirtinvirrasta vesinäytteet otettiin Limnos-näytteenottimella 1 metrin syvyydeltä. Organotinayhdisteiden ja tinan pitoisuudet lähetettiin analysoitavaksi MetropoliLab Oy:n laboratorioon. Muut analyysit tehtiin Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n laboratoriossa. Tulokset on esitetty liitteessä 2.

Pirtinvirran vedestä ei havaittu kummallakaan vuoden 2022 havaintokerralla elohopeaa, tinaa eikä sinkkiä. Tosin toukokuun havaintokerralla elohopean määritysraja oli alihankintalaboratoriosta johtuen liian korkea, <0,1 µg/l. Määritysraja oli myös korkeampi kuin haitta-aine asetuksen VNa 1308/2015 MAC-arvo, joka ei saisi hetkellisestikään ylittyä. Organotinoja ei vedestä myöskään havaittu. Molemmilla tarkkailukerroilla vedestä havaittiin vähäiset määrät nikkeliä ja kuparia. Pitoisuudet, vuorokausikuormat ja pitoisuus kiintoaineessa on esitetty alla olevassa taulukossa 3.

**Taulukko 3.** Pirtinvirran kiintoaine-, organotina-, kupari- ja nikkelpitoisuudet (µg/l), vuorokausikuormat (µg t. g/d) sekä ainepitoisuudet kiintoaineessa (mg t. g/kg) vuonna 2022.

Pvm	Kiintoaine		Org. tinat			Kupari			Nikkeli		
	mg/l	kg/d	µg/l	µg/d	mg/kg	µg/l	g/d	g/kg	µg/l	g/d	g/kg
24.3.2022	1,6	10,3									
24.5.2022	2,4	25,9				2,1	22,7	0,88	1,6	17,3	0,67
25.8.2022	3,0	8,7				2,2	6,4	0,73	1,6	4,7	0,53
25.10.2022	1,3	2,7									

### 3.2 Bruttosedimentaatio

Huruslahden ja Siitinselän bruttosedimentaationäytteitä saatiin neljältä eri aikajaksolta (taulukko 1). Sedimenttikeräimet laskettiin ensimmäisen kerran 13.1. ja 17.1., nostettiin 28.3. ja laskettiin jäiden lähdön jälkeen takaisin 18.5. Inkubointiajat olivat 70/74 vrk, 75 vrk, 126 vrk ja viimeisellä kerralla 183 vrk. Yksi näytekerta jäi heikkojen jäiden vuoksi toteuttamatta ja maaliskuussa ei Huruslahden toisesta keräimestä saatu näytettä, koska keräinputket olivat rikkoontuneet. Viimeinen kerta oli muita selvästi pidempi ja ajoittui jäiden muodostumiseen ja sen jälkeiseen aikaan.

Bruttosedimentaatiokeräimet toimivat teknisesti edelliskertaa paremmin, mutta kenttämestarilta tuli kuitenkin joitain huomioita toiminnasta, mitkä olivat pääsääntöisesti samoja kuin vuoden 2016 tutkimuksessa. Siitinselän keräinpaikka oli edelliskerran tavoin toimiva, mutta kesällä vesiliikennettä on alueella kohtalaisen paljon. Alueella on paljon uistelijoita, jolloin keräinten kunnollinen merkitseminen on ensiarvoisen tärkeää. Huruslahden keräinpaikka on sinänsä ongelmallinen, että alueella on kesällä paljon vesiliikennettä. Huruslahti on paikoin syvä, mutta paikoin melko matala ja vesiliikenne matalammissa paikoissa voi pölyttää sedimenttiä. Huruslahdessa myös suuri uistelijoiden määrä on ankkuriköysien virittämisen kannalta hankala, sillä kulkuväylä on sedimenttikeräinten paikassa varsin kapea.

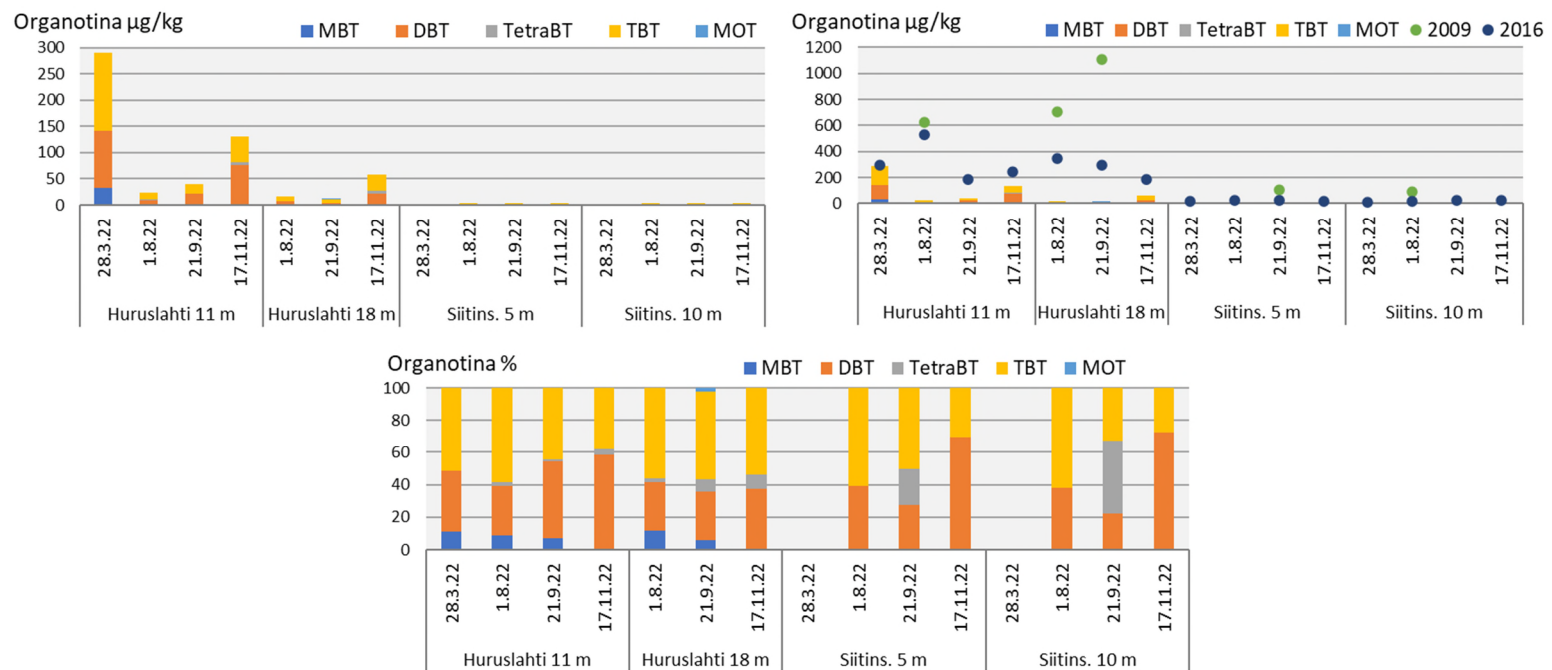
Sedimentaationäytteistä analysoitiin Savo-Karjalan ympäristöntutkimus Oy:n laboratoriossa kiintoaine, kiintoaineen hehkutushäviö ja -jäännös, sekä raskasmetalleja. Kiintoaineen lisäksi määritettiin kuiva-aine ja kuiva-aineen hehkutusjäännös sekä -kevennys. Orgaaniset tinayhdisteiden määrittämisestä vastasi MetropoliLab Oy ja tinan määrittämisestä KVVY Tutkimus Oy. Sedimenttikeräinten sijainnit olivat samat kuin vuonna 2016 tehdyssä tutkimuksessa. Sedimenttikeräinten sijainti on esitetty liitteen 1 kartoissa ja tulokset löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 3.



Kiintoainepitoisuudet keräinten näytteissä olivat Huruslahdessa Siitinselkää suurempia. Maaliskuussa kiintoainetta oli Siitinselän näytteissä jääkannesta ja talviolosuhteista johdettua vain vähän.

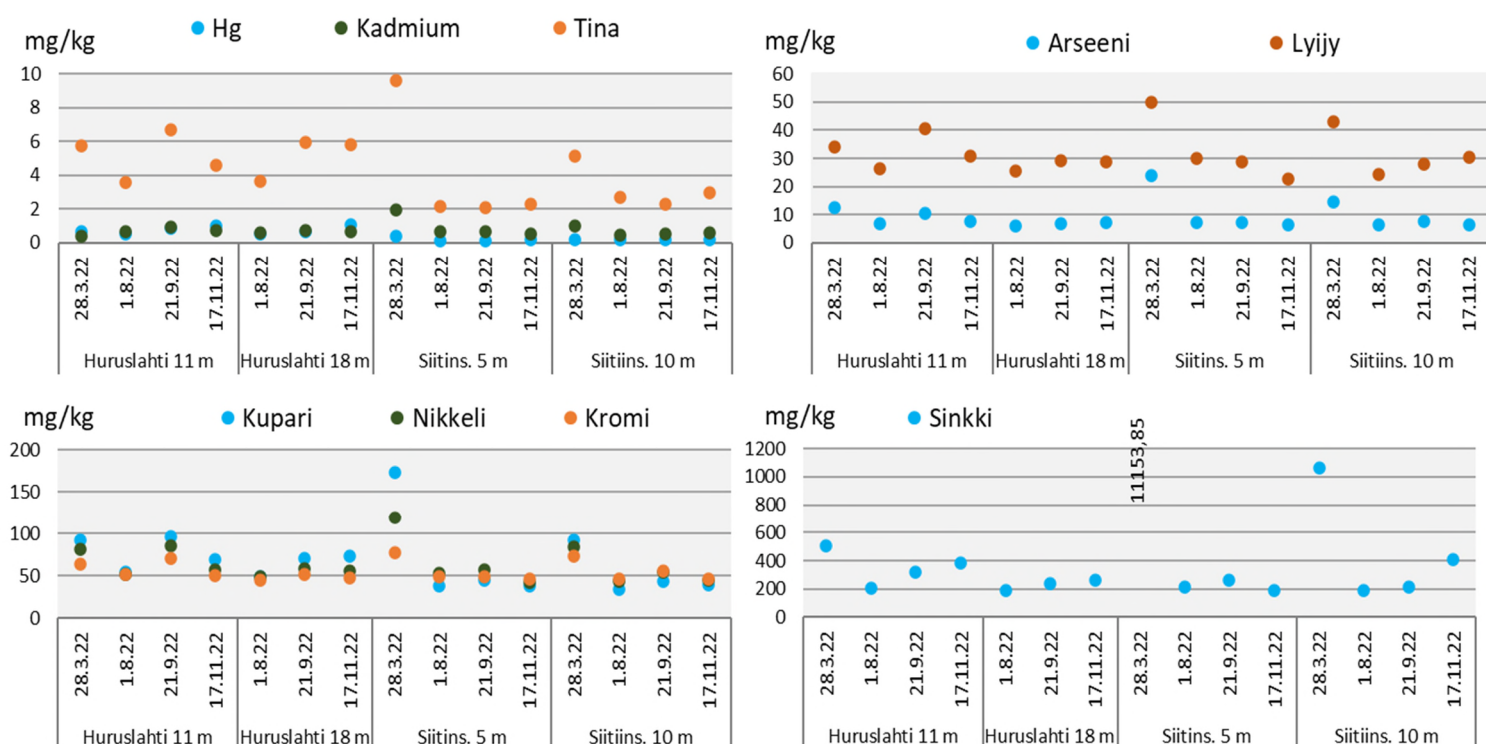
Organotinojen pitoisuus kiintoaineessa oli selvästi Huruslahdella Siitinselkää suurempi (kuva 2). Suurimmat pitoisuudet havaittiin Huruslahden matalalla asemalla (11 m) maaliskuun sekä marraskuun näytteenotoissa. Syvänekohtaisilla, eri syvyyksissä olevilla keräimillä pitoisuuserot olivat Siitinselällä pieniä. Huruslahdella pitoisuuksissa esiintyi eri syvyyksissä enemmän vaihtelua. Verrattaessa pitoisuuksia vuosien 2009 ja 2016 tutkimusten sedimenttikeräinnäytteisiin, olivat pitoisuudet selvästi alhaisempia.

TBT:n prosentuaaliset osuudet olivat Huruslahden näytteissä keskimäärin Siitinselän näytteitä suurempia. Siitinselän näytteiden kokonaispitoisuudet olivat yleisesti ottaen pieniä, jolloin muiden organotinojen määrät voivat jäädä alle mittaustarkkuuden ja TBT:n prosentiosuus tietyissä näytteissä korostuu.



**Kuva 2.** Sedimenttikeräimien organotinatpitoisuudet kuiva-aineessa. Huruslahden 11m asemalta ei ole maaliskuussa näytettä ja Siitinselältä ei maaliskuussa havaittu organotinoja. Ylemmässä kuvassa vasemmalla organotinojen pitoisuudet vuoden 2022 tutkimuksessa sekä vertailuna ylemmässä kuvassa vasemmalla vuosien 2009 ja 2016 tutkimusten summapitoisuudet. Alemmassa kuvassa on esitetty yhdisteiden prosentiosuudet vuoden 2022 tutkimuksessa.

Kuvassa 3 on esitetty vuoden 2022 tutkimuksen sedimenttikeräinten raskasmetallipitoisuuksia kiintoaineessa. Tinan pitoisuudet olivat Huruslahdella keskimäärin korkeampia kuin Siitinselällä, vaikkakin Siitinselän 5m asemalla maaliskuussa korkein pitoisuus havaittiinkin. Myös elohopea- ja kuparipitoisuudet olivat keskimäärin korkeampia Huruslahdella, mutta muuten metallien pitoisuustasoissa ei ollut suuria eroja asemien tai syvyyksien välillä. Elohopean ja kadmiumin pitoisuudet olivat tasaisen alhaisia ja niissä esiintyi tinapitoisuuksia vähemmän hajontaa. Näytteenottokertojen välillä esiintyi jonkin verran eroja ja raskasmetallipitoisuudet olivat keskimäärin korkeimpia Siitinselän asemilta maaliskuussa otetuissa näytteissä, mihin todennäköisesti vaikuttaa kiintoaineen muutoin vähäinen määrä jääkannen alla: olosuhteet ovat vakaat, vedestä ei laskeudu ainesta ja vesi on vahvasti lämpötilakerrostunutta.

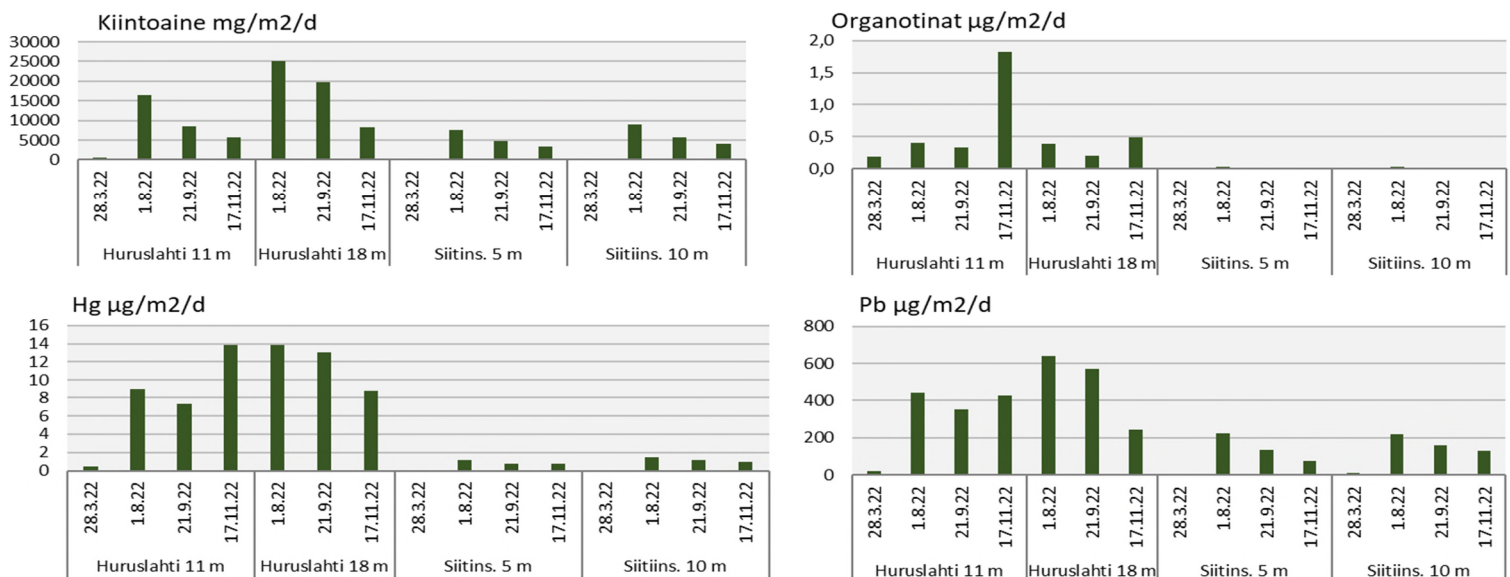


**Kuva 3.** Sedimenttikeräinnäytteiden raskasmetallipitoisuudet kiintoaineessa vuonna 2022. Alle määritysrajan olevissa pitoisuuksissa on käytetty määritysrajan puolikasta ympäristöhallinnon ohjeiden mukaisesti.

Kiintoaineen kertyminen/sedimentaatio pinta-alaa kohden oli suurinta loppukesällä elokuun näytteenottokerralla (kuva 4). Talvella, jääkannen alla aineen kertyminen oli hyvin vähäistä. Huruslahden asemilla sedimentaatio oli myös selvästi Siitinselkää suurempaa. Raskasmetallien osalta kuvassa on esitetty pelkästään elohopea ja lyijy. Huruslahden 11m asemalla elohopean kertyminen keskittyi hyvin suurella todennäköisyydellä pidemmästä inkubointiajasta johtuen marraskuun näytteenottokertaan. Huruslahden 18m asemalla samaa vaikutusta ei havaittu ja elohopeaa oli kertynyt enemmän elokuun ja syyskuun näytekerroilla.

Lyijyn kertyminen oli Huruslahden 11m asemalla verrattain tasaista, mutta eniten lyijyä oli kertynyt elokuun ja marraskuun näytekerroilla. Huruslahden 18m asemalla lyijyä oli kertynyt elo ja syyskuussa selvästi marraskuuta enemmän. Siitinselällä elohopean ja lyijyn kerääntyminen oli runsainta elokuun ja syyskuun näytekerroilla ja yhdisteitä havaittiin hie-man enemmän Siitinselän 10m asemalta. Myös muiden metallien kertyminen keskittyi samantyyllisesti elo ja syyskuun näytteenottokerroille.

Virtaamat pohjan läheisyydessä ovat Huruslahdella verrattain suuret johtuen Voimakana-van pumppauksesta ja kesäisin myös vilkkaasta veneliikenteestä. Huruslahden ja Siitinselän sedimentaatioerot ovat olleet talvella kesää pienempää, mikä viittaa siihen, että voimakkaat virtaukset sekoittavat sedimenttiä, nostattaen kiintoainetta ja sen mukana haitta-aineita erityisesti kesä- ja avovesiaikaan. Sedimenttikeräinten ja vesinäytteiden tulosten mukaan organotinat ja raskasmetallit näyttäisivät kulkeutuvan pääsääntöisesti kiintoai-neen mukana. Pitoisuudet ja määrät ovat Huruslahden asemilla Siitinselän asemia suurem-pia. Eri organotinyhdisteiden suhteet vaihtelivat siten, että TBT:n osuus organotinoista oli Huruslahdella keskimäärin Siitinselkää suurempi (kuva 2), mikä viittaa pidemmälle men-neeseen hajoamiseen viimeksi mainitulla alueella sekä siihen, että Huruslahdella virtaukset pölyttävät pohjasta kontaminoitunutta, tributyyliä sisältävää sedimenttiä. Elohopea-kertymät olivat suhteessa kiintoaineeseen suhteellisen vakioit, mutta marraskuussa Hurus-lahden 11 m asemalla oli suhteessa kiintoainemäärään runsaasti elohopeaa. Myös or-ganotinoja oli tällöin runsaasti ja lyijyäkin enemmän kuin kiintoainepitoisuudesta voisi pää-tellä. Marraskuun näytteenottokerralla Huruslahden 11m asemalla kerääntymiseen vai-kuttanee myös pidempi inkubointiaika. Vuoden 2022 tutkimuksessa sedimenttikeräinten organotinojen pitoisuudet kiintoaineessa olivat vuoden 2016 ja 2009 pitoisuuksia pienem-piä, jonka mukaan näyttäisi siltä, että hidas puhdistuminen on jatkunut edellisestä tutki-muskerrasta.



Kuva 4. Kiintoaineen, organotinojen, elohopean ja lyijyn kerääntyminen vuoden 2022 tutkimuksessa.



### 3.3 Sedimentit

Sedimenttinäytteet otettiin jo aiemmissa tutkimuksissa mukana olleilta asemilta taulukon 4 mukaisesti viipaloivalla Isotalo-noutimella. Vuoden 2022 tutkimuksessa sedimenttiä otettiin vuoden 2016 tutkimuksen tavoin 0-3 cm ja 3-10 cm siivuina ja säilöttiin lasipurkeihin. Koska nostoja riittävään näytemäärään olisi tarvinnut tehdä kohtuuttomasti, muutettiin syvyydet vuonna 2016 0-3 cm ja 3-10 cm. Aiemmat näytesyvytydet vuosien 2009 ja 2015 tutkimuksissa ovat olleet 0-2 cm ja 2-10 cm (0-10 cm). Nostoja tehtiin asemaa kohden 3-4 kappaletta. Sedimentin määrä vaikuttaa näytteen edustavuuteen ja määritystarkkuuteen. Näytteistä analysoitiin taulukon 2 mukaisissa laboratorioissa vesipitoisuus (%), hehkutushäviö, savespitoisuus (<2 µm:n fraktio), elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, sinkki, arseeni sekä tinan pitoisuudet ja orgaaniset tinayhdisteet.

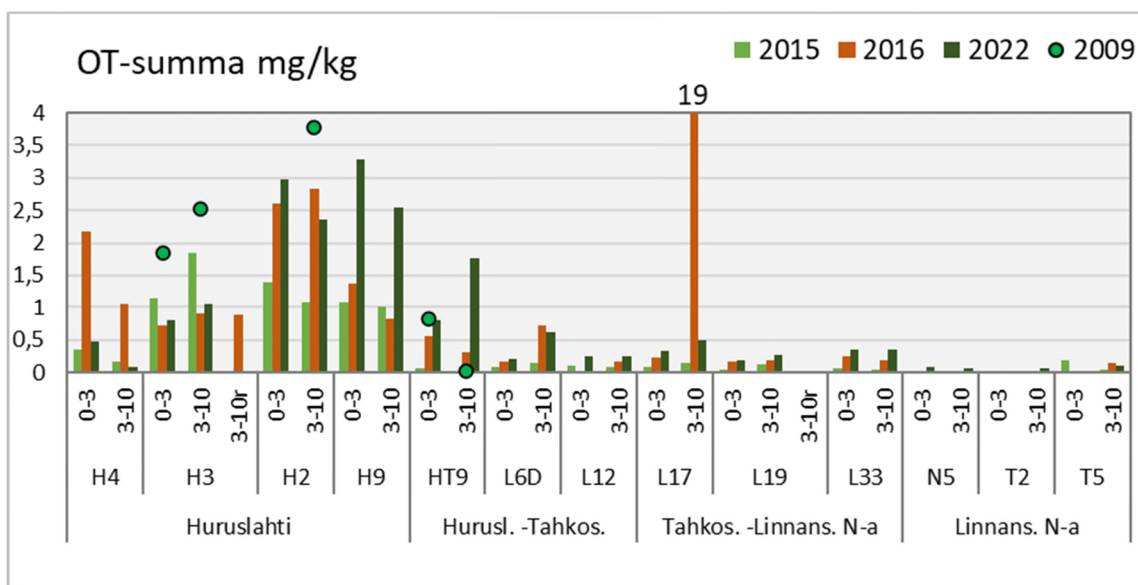
Sedimenttinäytteenoton yhteydessä tehtiin sedimentistä aistinvaraisia ja silmämääräisiä havaintoja kenttälomakkeelle. Lisäksi sedimentin kerrospaksuuksia arvioitiin näytteenoton yhteydessä. Kirjatut havainnot on esitetty liitteessä 4: näytteet ja näytteenottosyvyydet).

**Taulukko 4.** Sedimenttinäytteiden havaintoasemat, näytteenottopäivä, aseman kokonaisyvyys ja patsaan maksimikorkeus.

Osa-alue	Tunnus	Pvm	Vesi-syvyys m	Patsaan korkeus cm
Huruslahti	H4	28.10.22	19,0	13
	H3	28.10.22	5,8	26
	H2	1.11.22	26,0	26
	H9	1.11.22	12,0	22
Huruslahti -Tahkosalmi	HT9	26.10.22	10,0	13
	L6D	26.10.22	10,5	18
	L12	26.10.22	14,5	24
Tahkosalmi -Linnansaaren	L17	2.11.22	19,0	19
	L19	2.11.22	14,0	19
	L33	31.10.22	25,0	21
Linnansaaren natura-alue	N5	31.10.22	43,0	34
	T2	27.10.22	23,0	36
	T5	27.10.22	22,0	36

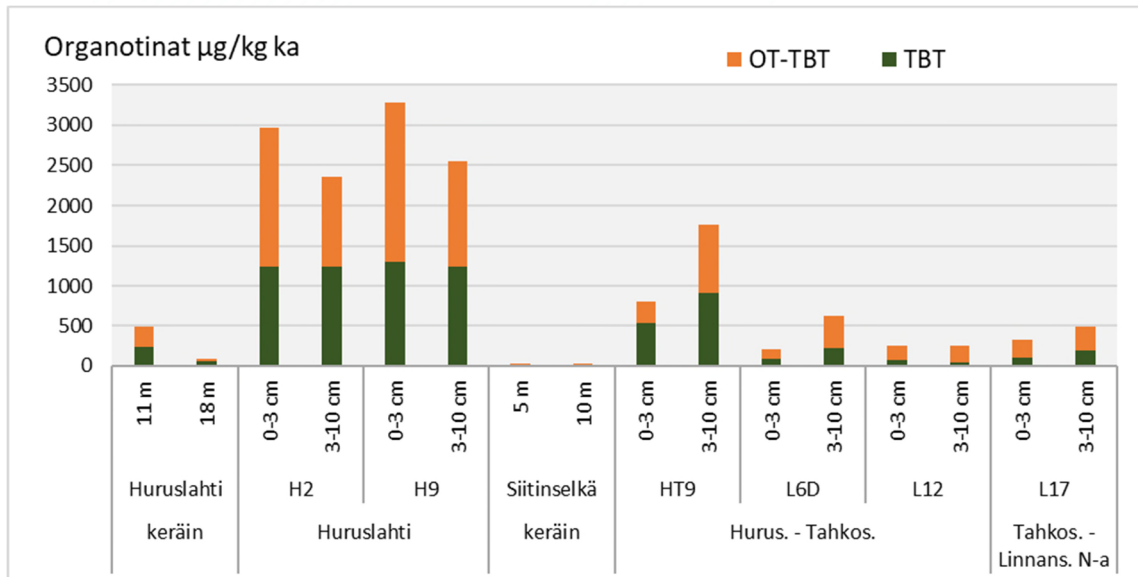
Sedimenttinäytteiden kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin noin 121,3 g/l ja orgaanisen aineen osuus noin 19,2 %. Keskimääräinen organotinapitoisuustaso kuiva-aineessa oli Huruslahdella korkeampi kuin sen alapuolisilla asemilla (kuva 5). Huruslahden korkeimmat pitoisuudet havaittiin asemalta H9. Korkein organotinapitoisuus havaittiin näytteestä H9, kerroksista 0-3 cm. Linnansaaren natura-alueen organotinapitoisuudet olivat hyvin alhaisia, korkeimmat kauimmaisella asemalla T5, kerroksissa 3-10 cm.

Verrattaessa pitoisuuksia vuoden 2016 näytteisiin, olivat vuoden 2022 arvot Huruslahden asemalla H4 edellisvuosia alhaisempia. Huruslahden asemalla H3 pitoisuudet olivat vuoden 2016 arvoja hieman korkeampia, mutta kuitenkin suhteellisen lähellä samaa tasoa. Huruslahden asemalla H2 pitoisuudet olivat kerroksissa 0-3 cm vuoden 2016 arvoja hieman korkeampia ja kerroksissa 3-10 cm hieman alhaisempia. Asemalla H9 pitoisuudet olivat selvästi vuoden 2016 arvoja korkeampia. Vuoden 2016 tutkimuksen korkeimmat organotina-pitoisuudet havaittiin Huruslahden asemalta H2, kerroksista 3-10 cm. Vuoden 2022 tutkimuksessa pitoisuudet olivat puolestaan korkeimmillaan Huruslahden asemalla H9, kerroksissa 0-3 cm. Huruslahti-Tahkosalmen asemalla HT9 pitoisuudet olivat kerroksissa 0-3 cm hieman vuotta 2016 korkeampia, mutta kerroksissa 3-10 cm organotinojen summapitoisuus oli selvästi vuotta 2016 korkeampi. Asemalla L6D pitoisuudet olivat lähellä vuoden 2016 tasoa. Kerroksissa 0-3 cm summapitoisuus oli hieman vuotta 2016 korkeampi ja kerroksissa 3-10 cm hieman alhaisempi. Asemalla L12 summapitoisuudet olivat sedimenttikerroksissa alhaisia, mutta aikaisempia tutkimuksia korkeampia. Myös Tahkosalmi-Linnansaari Natura-alueen aseman L17 pitoisuuksien voi tulkita nousseen tutkimusvuosista 2015-2016, pois lukien sedimenttikerroksen 3-10 cm korkea pitoisuus, joka viittasi maalihippuun tai vastaavaan, mikä nosti pitoisuutta poikkeuksellisen korkeaksi tulosta vääristäen. Asemalla L19 summapitoisuudet oli sedimenttikerroksissa alhaisia, mutta hieman vuosien 2015-2016 tasoa korkeampia. Asemalla L33 organotinojen summapitoisuudet myöskin nousivat hieman aikaisemmista tutkimusvuosista. Linnansaaren Natura-alueella, asemilla N5 ja T2 pitoisuudet olivat alhaisia, mutta vuoden 2016 tasoa hieman korkeampia. Asemalla T5 sedimenttikerrosten 0-3 cm organotinojen summapitoisuus oli vuoden 2016 kanssa yhtenevä. Kerrosten 3-10 cm pitoisuus oli ylempiä kerroksia korkeampi ja vuoden 2022 pitoisuus hieman vuoden 2016 tasoa alhaisempi. (kuva 5.)



**Kuva 5.** Organotinojen summapitoisuus kuiva-aineessa sedimentissä vuonna 2022, syvyyksiltä 0-3 cm ja 3-10 cm. Vuoden 2016 näytteet 0-3 cm ja 3-10 cm syvyyksiltä, vuosien 2009 ja 2015 näytteet 0-2 cm ja 2-10 cm syvyyksiltä.

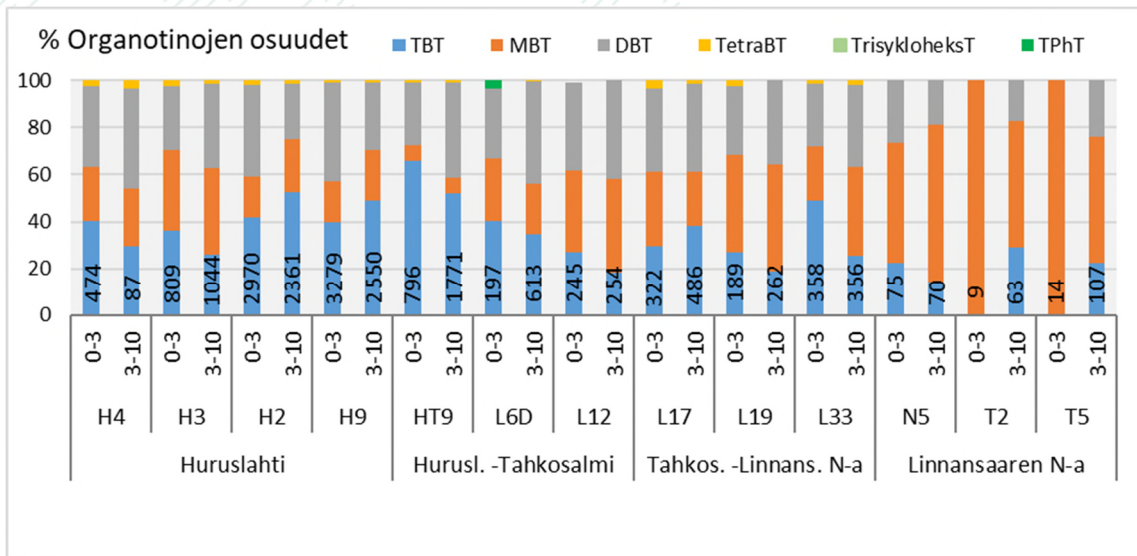
Verrattaessa organotinojen pitoisuuksia keräinnäytteiden ja pohjasedimentin välillä olivat keräinnäytteiden pitoisuudet selvästi alhaisempia (kuva 6). Keräinnäytteiden eri syvyyksien pitoisuuksilla oli hieman eroja Huruslahdessa, mutta Siitinselällä pitoisuudet olivat tasan alhaisia ja eroja ei juuri havaittu.



**Kuva 6.** TBT:n ja muiden organotinojen summapitoisuus kuiva-aineessa keräinnäytteissä (Huruslahti 11 ja 18 m sekä Siitinselkä 5 ja 10 m) sekä keräinten lähiasemien sedimenteissä 0-3 cm ja 3-10 cm näytteissä.

Organotinayhdisteiden prosenttiosuuksissa TBT:n osuus oli keskimäärin Huruslahdella alapuolisten alueiden asemia suurempi. Tributyyylitinan hajoamistuotteiden dibutyylitinan (DBT) ja monobutyylitinan (MBT) yhteenlasketut prosenttiosuudet kuitenkin olivat pääosin tributyyylitinan prosenttiosuutta suurempia. Suurin TBT:n prosenttiosuus havaittiin Huruslahti-Tahkosalmen alueella, sedimenttikerroksissa 0-3 cm, missä tributyyylitinaa havaittiin sen hajoamistuotteiden prosenttiosuuksia selvästi enemmän. Organotinojen yhteenlaskettu kokonaispitoisuus oli kuitenkin verrattain alhainen. Huruslahti-Tahkosalmen asemalta L6D asemalle L12 TBT:n prosenttiosuus havaituista organotinoista pieni, mutta Tahkosalmi-Linnansaaren Natura-alueen asemilla osuus taas hieman kasvoi, kuten myös havaittujen organotinojen summapitoisuus. Linnansaaren Natura-alueella organotinojen kokonaispitoisuudet olivat alhaisia ja asemilla T2 ja T5 0-3 cm sedimenttikerroksista ei tributyyylitinaa havaittu ollenkaan, vaan ainoastaan alhaiset pitoisuudet monobutyylitinaa. Sedimenttikerroksissa 3-10 cm organotinoja oli enemmän, mutta tributyyylitinan osuus oli myös selvästi monobutyylitinaa pienempi. Huruslahden ja Huruslahti-Tahkosalmi alueilla monobutyylitinan osuus on pääosin dibutyylitinan prosenttiosuutta pienempi, mutta monobutyylitinan prosenttiosuus kasvoi Tahkosalmesta Linnansaaren Natura-alueelle päin mentäessä. Trifenyyylitinaa havaittiin alhainen pitoisuus ainoastaan Huruslahti-Tahkosalmen alueen asemalta L6D, sedimenttikerroksista 0-3 cm. (kuva 7.)





**Kuva 7.** Organotinayhdisteiden prosenttiosuudet kokonaismäärästä vuoden 2022 sedimenttinäytteissä asemittain ja sedimenttikerroksittain. Kuvaan merkattu myös organotinojen kokonaissummapitoisuudet, µg/kg.

Verrattaessa vuoden 2022 tutkimustuloksia vuosien 2016, 2015 ja aiempien vuosien (2007-2009) tutkimustuloksiin, ovat organotinojen keskimääräiset summapitoisuudet nousseet edellisvuosista. Huruslahden osa-alueen asemilla tributyyliinää havaittiin vuoden 2022 tutkimuksessa 0-10 cm sedimenttikerroksista vuotta 2016 vähemmän, mutta organotinojen keskimääräinen summapitoisuus oli vuotta 2016 korkeampi. Huruslahti-Tahkosalmen asemilla organotinojen keskimääräinen summapitoisuus ja keskimääräinen tributyyliinapitoisuus olivat vuoden 2016 tutkimustuloksia korkeampia. Myös Tahkosalmi-Linnansaaren Natura-alueen asemilla organotinojen keskimääräinen summapitoisuus ja keskimääräinen tributyyliinapitoisuus nousivat vuodesta 2016, kun verrataan taulukon 5, vuoden 2016 suluissa oleviin tuloksiin, mistä on poistettu aseman L17 sedimenttikerrosten 0-3 cm korkeat pitoisuudet. Linnansaaren Natura-alueen asemilla tributyyliinää havaittiin aikaisempia vuosia vähemmän, mutta organotinojen keskimääräinen summapitoisuus oli aikaisempia vuosia lievästi korkeampi. Keskimääräiset raskasmetallipitoisuudet olivat vuoden 2022 tutkimuksessa Huruslahden 0-10 cm sedimenttikerroksissa pääosin vuotta 2016 alhaisempia, mutta kuparipitoisuutta lukuun ottamatta vuoden 2015 tutkimustuloksia korkeampia. Huruslahden ja Tahkosalmen välillä keskimääräiset raskasmetallipitoisuudet olivat pääosin vuotta 2016 alhaisempia, mutta vuotta 2015 korkeampia. Ainoastaan keskimääräinen lyijypitoisuus nousi vuoden 2016 tutkimuksesta. Tahkosalmen ja Linnansaaren Natura-alueen välillä pitoisuuksissa esiintyi enemmän hajontaa. Keskimääräiset arseenin ja kromin pitoisuudet olivat vuosien 2015 ja 2016 vastaavia pitoisuuksia korkeampia. Keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli vuoden 2016 tasolla ja elohopean, lyijyn sekä nikkelin keskimääräiset pitoisuudet mittausepävarmuus huomioiden lähellä vuoden 2016 tasoa. Kuparin ja sinkin keskimääräiset pitoisuudet olivat vuotta 2016 alhaisempia, mutta vuotta 2015 korkeampia.

Linnansaaren Natura-alueella raskasmetallien keskimääräiset pitoisuudet olivat pääsääntöisesti mittausepävarmuudet huomioiden lähellä vuoden 2016 tutkimuksen tasoa, mutta vuoden 2015 tasoa korkeampia. Selvemmin vuodesta 2016 laski sinkki- sekä lyijypitoisuudet, vaikkakin erot olivat silti pieniä. Eri tarkkailuvuosien keskiarvot eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia, koska näytteiden määrä ja sijoittuminen vaihtelevat, mutta vuoden 2015 matalampi taso näkyy myös asemakohtaisissa tuloksissa. Aikaisempien tutkimusten tavoin organotinojen määrittäminen, varsinkin alhaisista pitoisuuksista näyttää vaihtelevien tulosten perusteella olevan haasteellista. Osaltaan tuloksiin vaikuttanee se, että organotinat ovat sedimentissä hyvin mosaiikkimaisesti ja paikoin sedimentissä saattaa olla hippuja, jotka nostavat pitoisuuksia ja laskevat jakautumisastetta. Huruslahdella pitoisuudet ovat muita osa-alueita korkeampia, joten määrittäminen on varmempaa. Pitoisuuksien laskiessa epävarmuus määrittämisessä suurenee. Raskasmetallien osalta erot eivät ole matalissa pitoisuuksissakaan yhtä selviä. Linnansaaren Natura-alueella vuoden 2022 tinapitoisuudet olivat kaikki alle määrittämissä, mutta keskimääräinen tinapitoisuus on suuruissa, koska keskiarvopitoisuutta nostaa alihankintalaboratorion hetkellisesti aikaisempia määrittämissä korkeampi määrittämissä raja (5 mg/kg). (taulukko 5.)

**Taulukko 5.** Sedimenttien keskimääräinen organotina- ja raskasmetallipitoisuus 0-10 cm sedimenttikerroksissa eri osa-alueilla tutkimusvuosina 2015, 2016 ja 2022 sekä aikaisempina vuosina. Keskiarvot laskettu aluekohtaisesti laskemalla yhteen 0-3 cm ja 3-10 cm näytteiden pitoisuudet ja jakamalla summa näytteiden kokonaislukumäärällä. Vuoden 2016 tuloksissa Tahkosalmi-Linnansaaren Natura-alueen organotinoissa suluissa keskiarvo ilman aseman L17, sedimenttikerrosten 0-3 cm korkeita pitoisuuksia. Määrittämissä rajan alittavissa pitoisuuksissa käytetty ympäristöhallinnon ohjeiden mukaisesti määrittämissä rajan puolikasta.

Yhdiste/aine	Huruslahti				Huruslahti-Tahkosalmi				Tahkosalmi-Linnansaaren N-a.				Linnansaaren N-a			
	2022	2016	2015	aiemmat	2022	2016	2015	aiemmat	2022	2016	2015	aiemmat	2022	2016	2015	aiemmat
TBT µg/kg	726	827	431	2394	309	195	23	142	108	2626 (64)	50	79	12	17	33	83
Summa OT µg/kg	1697	1485	559	3436	646	325	35	271	329	2871 (177)	59	184	56	32	41	200
As mg/kg	6,3	8,0	4,7		4,3	5,0	4,3		7,3	6,8	5,5		34	30	19	
Cd mg/kg	0,7	0,8	0,5		0,5	0,7	0,4		0,8	0,8	0,4		1,2	1,4	0,8	
Cr mg/kg	53	59	44		41	44	47		58	56	51		45	43	40	
Cu mg/kg	70	82	71	118	51	57	55	83	43	48	37	76	40	42	38	
Pb mg/kg	24	33	19		58	30	19		27	28	17		45	51	32	
Ni mg/kg	58	59	44	87	45	46	45	62	48	47	38	77	59	56	43	
Zn mg/kg	228	245	176	298	164	208	180	243	195	206	138	305	224	237	164	
Hg mg/kg	0,6	0,6	0,3	1,1	0,3	0,8	0,3	0,9	0,3	0,4	<0,1	0,9	0,2	0,4	<0,1	
Sn mg/kg	1,6	3,2			0,7	1,7			0,6	1,9			(2,5)	1,6		

### Normalisoidut pitoisuudet

Sedimenttinäytteiden pitoisuuksien laskennallinen normalisointi tehtiin sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen (Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015) mukaisesti savi- ja orgaanisen aineksen suhteen, sillä haitta-aineet kiinnittyvät pääsääntöisesti ko. fraktioihin.

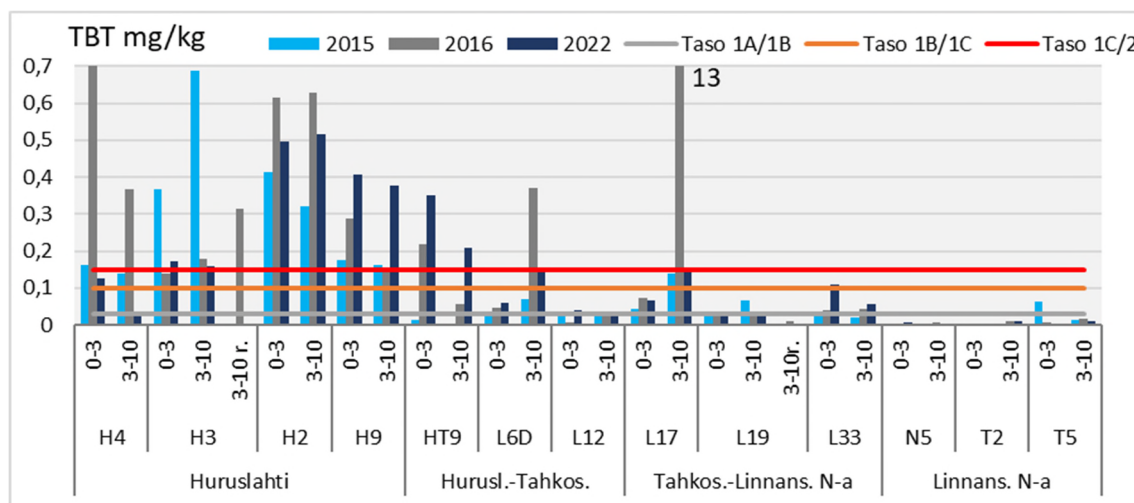
Kuvissa 8-10 on verrattu taulukon 6 laatukriteereihin näytekohtaisia normalisoituja pitoisuuksia tutkimusvuosilta 2022, 2016 sekä 2015.

**Taulukko 6. Ruoppausmassojen laatukriteerien alarajat (mg/kg) maalle läjitettäessä (Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015).**

Taso	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	TBT
Taso 1A. Haitta-aineilla ei vaikutusta läjityskelpoisuuteen	15	0,1	0,5	65	35	40	45	170	0,005
Taso 1B. Läjitettävissä ns. hyvälle ja tyydyttävälle läjitysalueelle	50	0,6	-	-	50	80	50	360	0,030
Taso 1C. Läjitettävissä hyvälle paikalle	-	0,8	-	-	70	100	-	-	0,10
Taso 2. Pääsääntöisesti läjityskelvoton*	70	1	2,5	270	90	200	60	500	0,15

\*Haitta-ainepitoisuuksiltaan ylimmän laatukriteeritason (taso 2) ylittävä ruoppausmassa, jota pidetään haitallisuuden takia pääsääntöisesti vesistöön läjityskelvottomana (voidaan sijoittaa vesiympäristöön, jos maalle sijoittamisen vaihtoehto on ympäristön kannalta huonompi ratkaisu). Vain poikkeustapauksissa hyväksyttävissä oleva vesistöläjitys edellyttää hyvää läjitysaluetta, perusteellista riskitarkastelua ja riskinhallintatoimenpiteiden arviointia.

Huruslahden osa-alueella normalisoidut TBT-pitoisuudet ylittivät tason 2 lähes kaikissa näytteissä, kuten ylittivät myös vuoden 2016 tutkimuksessa. Huruslahden alapuolella taso ylittyi vain asemalla HT9. (kuva 8.)



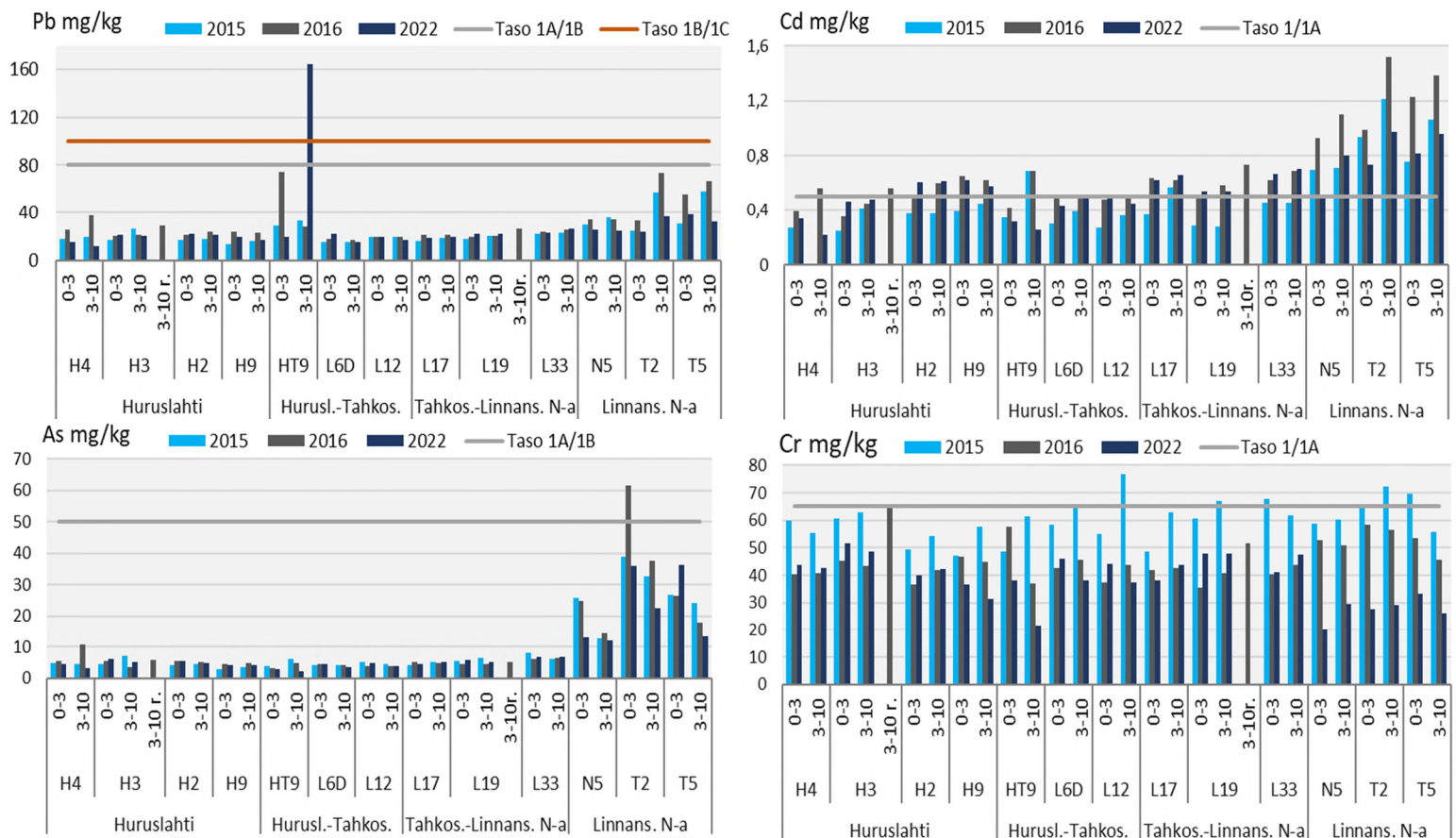
**Kuva 8. Normalisoidut TBT-pitoisuudet (mg/kg ka) sedimentissä eri osa-alueiden 0-3 (0-2) cm ja 3-10 (2-10) cm sedimentinäytteissä vuosina 2022, 2016 ja 2015. r = rinnakkainen. Kuvaa merkitty asteikon ylimenevä arvo sekä ruoppausmassojen laatukriteeritasojen rajat (taulukko 6).**

Sedimentinäytteiden lyijyn, kromin, kadmiumin ja arseenin normalisoidut pitoisuudet pääosin alittivat 1B-tason, jolloin haitta-aineilla ei ole vaikutusta läjityskelpoisuuteen (kuva 9). Ainoastaan Huruslahti-Tahkosalmen osa-alueen asemalla HT9, sedimenttikerroksista 3-10 cm selvästi erottuva lyijypitoisuus nousi tason 1C rajan yläpuolelle. Näyte on ajettu kahdessa eri ajossa ja kahdesta eri laimennoksesta.



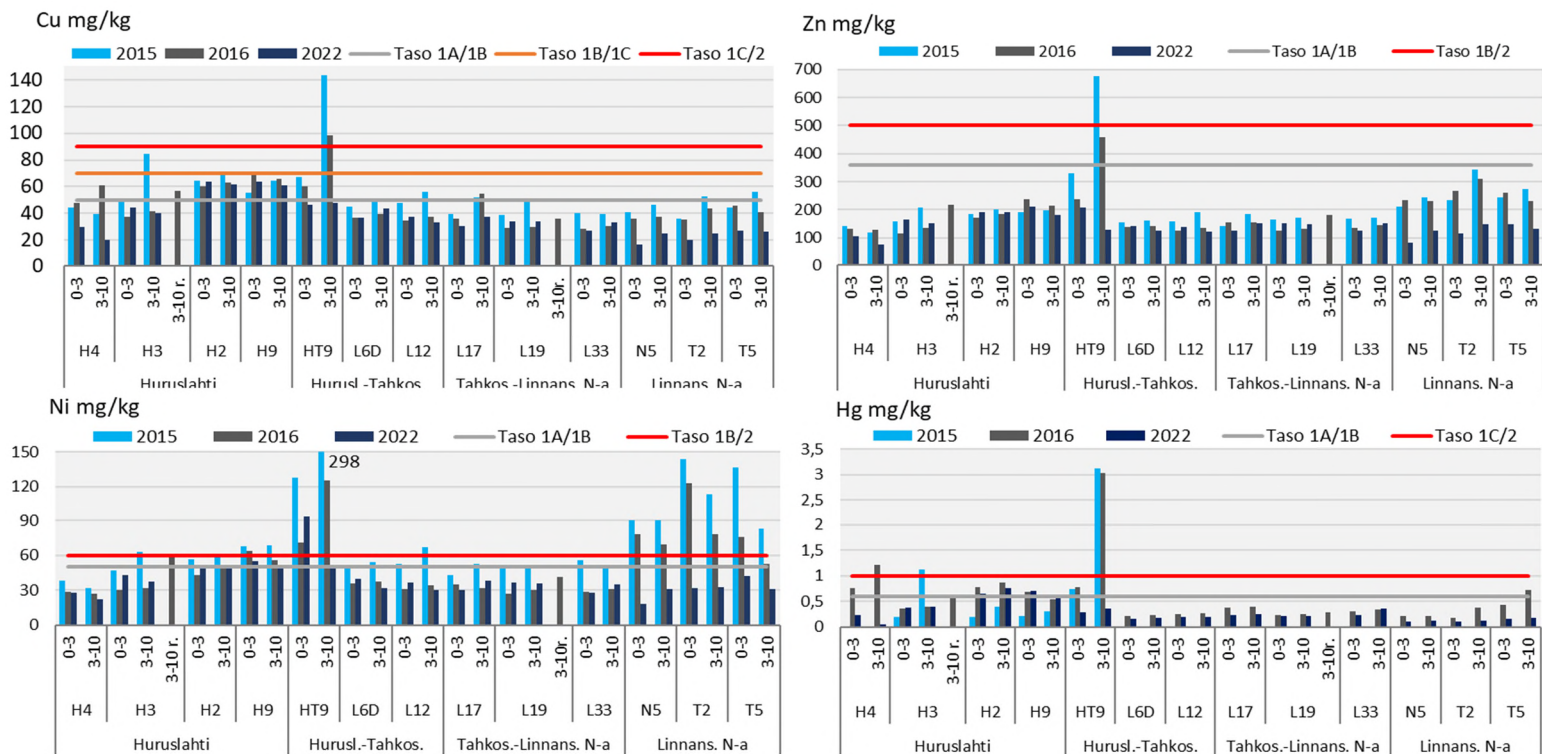
Saadut tulokset olivat hyvin lähellä toisiaan, joten on mahdollista, että sedimentissä on ollut jotain lyijypitoista esim. hippu, hauli tai lyijypaino, joka on nostanut määrittämissä pitoisuuksia. Lyijyn, arseenin ja kadmiumin pitoisuudet olivat Linnansaaren Natura-alueella vuosien tutkimusten 2015-2016 tavoin keskimäärin muita asemia korkeampia, mutta pitoisuudet olivat kuitenkin pääasiassa aikaisempien tutkimusten tasoa alhaisempia. Kromin pitoisuuksissa esiintyi enemmän hajontaa. Pitoisuudet olivat Huruslahden, Huruslahti-Tahkolahden sekä Tahkosalmen ja Linnansaaren Natura-alueen osa-alueilla pääosin lähellä vuoden 2016 tasoa tai hieman korkeampia. Linnansaaren Natura-alueella pitoisuudet olivat vuoden 2016 tasoa ja pääosin myös vuoden 2015 tasoa alhaisempia.

Normalisoinnissa on huomioitu saveksen sekä orgaanisen aineen määrä. Vuoden 2016 tutkimuksessa savesmäärä oli osalla Linnansaaren Natura-alueen asemista pieni, mikä osaltaan voi nostaa normalisoituja pitoisuuksia. Sama trendi oli tuolloin kuitenkin nähtävissä myös normalisoimattomissa pitoisuuksissa, mikä viittasi siihen, että pitoisuudet ovat olleet alueella korkeammat, kertoen osin kertymisestä ja osin muun aineksen vähyydestä. Vuoden 2022 tutkimuksessa alhaisia savesmääriä ei Linnansaaren Natura-alueen asemilla havaittu ja pitoisuudetkin olivat pääosin edellistä tutkimuskertaa alhaisempia.



**Kuva 9.** Raskasmetallipitoisuudet sedimentissä eri osa-alueiden 0-3 cm ja 3-10 cm sedimentinäytteissä, normalisoidut tulokset vuosina 2022, 2016 ja 2015. Ruoppausmassojen laatuksiteeritasot merkitty kuvaan (taulukko 6, Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015).

Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen laatukriteerien tason 2 rajan ylittäviä pitoisuuksia ei kuparin, sinkin ja elohopea osalta vuoden 2022 tutkimuksessa havaittu. Ainoastaan nikkelpitoisuus ylitti tason 2 rajan Huruslahti-Tahkosalmen osa-alueen asemalla HT9, sedimenttikerroksissa 0-3 cm. Kuparin, sinkin ja elohopean osalta tutkimusvuosien 2015-2016 kaltaisia korkeita pitoisuuksia ei asemalta HT9 enää havaittu. Tason 1B rajan ylittäviä kuparipitoisuuksia havaittiin Huruslahden asemilta H2 ja H9 ja Huruslahti-Tahkosalmen asemalla HT9 pitoisuus oli rajan tuntumassa. Huruslahden asemilta havaittiin myös lievästi tason 1B ylittäviä nikkeli- ja elohopeapitoisuuksia. Sinkin pitoisuudet ja suurin osa elohopean pitoisuuksista sijoittuivat tasolle 1A, missä haitta-aineilla ei ole vaikutusta läjityskelpoisuuteen.

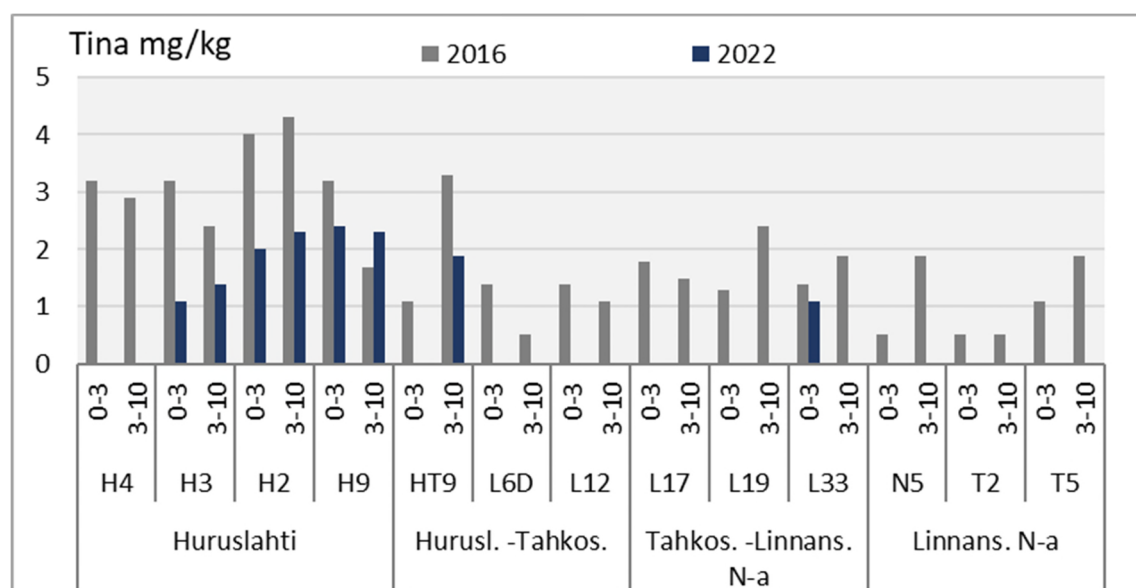


**Kuva 10.** Raskasmetallipitoisuudet sedimentissä eri osa-alueiden 0-3 cm ja 3-10 cm sedimentinäytteissä, normalisoidut tulokset vuosina 2022, 2016 ja 2015. Ruoppausmassojen laatukriteeritasot merkitty kuvaan (taulukko 6, Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015) ja nikkelin 2015 asteikon ylittävä pitoisuus).

Korkeat havaitut pitoisuudet ovat aikaisempina tutkimusvuosina liittyneet lähinnä näytteiden vähäiseen savesmäärään, mikä on vaikuttanut osaltaan normalisoituun pitoisuuteen. Vuoden 2022 tutkimuksessa alhaisin savipitoisuus (<2 µm) havaittiinkin asemalta HT9, sedimenttikerroksista 0-3 cm, missä saveksen osuus oli vain 1,6 %. Suurin osa sedimentistä oli hiekkaa ja silttiä (> 2 µm). Normalisoimattomiin pitoisuuksiin verrattaessa asetuksen VNa:n 214/2007 kynnysarvon ja alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia havaittiin lähinnä vain Huruslahdesta.

Tinalle ei ole määritetty normalisointivakioita eikä ole olemassa laatukriteeritasoja. Sedimenttinäytteiden tinapitoisuudet on esitetty kuvassa 11. Tinaa havaittiin pääasiassa Huruslahden asemilta, pois lukien asema H4, jonka tinapitoisuudet olivat alle määrittäysrajan. Pitoisuudet olivat vuoden 2022 tutkimuksessa korkeimmat Huruslahden asemilla H2 ja H9. Myös asemalta H3 havaittiin määrittäysrajan ylittävät pitoisuudet. Asemalla H3 tinapitoisuus oli korkeampi sedimenttikerroksissa 3-10 cm, kuten myös asemalla H2. Asemalta H9 havaittiin vuoden 2022 korkein tinapitoisuus sedimenttikerrokista 0-3 cm. Määrittäysrajan ylittävät pitoisuudet havaittiin myös Huruslahti-Tahkosalmen osa-alueen asemalta HT9 sedimenttikerrokista 3-10 cm sekä Tahkosalmi-Linnansaaren Natura-alueen osa-alueelta aseman L33 sedimenttikerrokista 0-3 cm.

Määrittäysrajan alittavia pitoisuuksia ei ole merkitty kuvaan. Linnansaaren Natura-alueen vuoden 2022 tinapitoisuudet olivat kaikki alle määrittäysrajan, mutta tuloksia vääristää ali-hankintalaboratorion hetkellisesti häiriötilanteesta johtunut, aikaisempia vastaavia määrittäyksiä korkeampi määrittäysraja (5 mg/kg). Tästä johtuen määrittäysrajan alittavia pitoisuuksia ei ole laskettu kuvaan, ympäristöhallinnon ohjeiden mukaan määrittäysrajan puolikkaita käyttäen. (kuva 11.)



**Kuva 11.** Tinan pitoisuudet sedimenttinäytteissä vuosina 2022 ja 2016 sedimenttikerroksissa 0-3 cm ja 3-10 cm. Tinaa ei määritetty vuoden 2015 tutkimuksessa. Määrittäysrajan alittavia pitoisuuksia ei ole merkitty kuvaan.



### 3.4 Kalasto

Koekalastukset tehtiin Huruslahdella (lisäalue osana TBT-tutkimusta), Ykspuussa (Varkauden tehtaiden lähivaikutusalue), Akonniemessä (kaupungin puhdistamon lähivaikutusalue) ja Siitinselällä (Varkauden tehtaiden ja kaupungin puhdistamon vaikutusalue) (Sarpakunnas 2022). Kalanäytteistä määritettiin elohopea- ja organotinapitoisuudet akkreditoituihin menetelmin. Koekalat saatiin Vuoriselkää lukuun ottamatta koekalastuksista. Vuoriselän haitta-aineanalysointiin saatiin kalastajalta verkkopyynnistä ainoastaan ahvenia. Akonniemen alueen kalat hävisivät jossain vaiheessa tutkimusketjua, eikä haitta-ainemäärittäystä pystytty tällä alueella tekemään. Koeverkkokalastuksessa ahven ja särki olivat niin kappalemäärien kuin painonkin suhteen kaikilla koekalastusalueilla merkittävimmät lajit.

Osana Pohjois-Savon ELY-keskuksen TBT-tutkimusta koekalastettava Huruslahti luokitui alueista parhaiten, niin rehevöitymistä ilmaisevien särkikalojen biomassaosuuden kuin yksikkösaalismuuttujienkin osalta. Varkauden kaupungin alapuolella Ykspuussa särkikalasto sekä saaliin biomassa olivat Huruslahtea runsaampia, mutta kalojen yksilömäärä hieman laski. Ykspuun alapuolisen Akonniemen alueen kalasto oli alueista särkikalavaltaisin, mutta yksikkösaalis luokitui niin painon kuin kappalemäärienkin perusteella erinomaiseksi. Alueista alimman, Siitinselän luokitus oli vuoden 2019 tasolla ja luokitui välttäväksi yksikkösaalismuuttujien osalta. Särkikalojen biomassaosuuden osalta luokitus laski vuoteen 2019 verrattuna, ollen kuitenkin edelleen hyvällä tasolla.

Ympäristöhallinnon luokituksen mukaan vuoden 2022 koekalastuksen saalis luokitaa eri alueiden ekologisen tilan seuraavasti:

	Huruslahti	Ykspuu	Akonniemi	Siitinselkä
kalaston biomassa (g/v)	erinomainen	tyyydyttävä	erinomainen	välttävä
yksilömäärä (kpl/v)	hyvä	erinomai-	erinomainen	välttävä
särkikalojen biomassa %	erinomainen	tyyydyttävä	välttävä	hyvä

Haitta-ainetutkimuksissa hauen elohopean pitoisuudet jäivät selvästi alle 1 mg/kg (EU:n asettamat käyttörajat) (taulukko 7, liite 5).

Trifenyyylitina (TPhT) on huomattavasti kertyvämpää ja sen biohajoaminen ympäristössä on hitaampaa kuin TBT:n. Suomen rannikkovesillä tehtyjen tutkimusten mukaan suurin osa kaloihin kertyvistä organotinayhdisteistä on TPhT:a. Sen toksisuudesta on varsin niukasti tietoa (Lukkari ym. 2016). Vuoden 2022 kalaselvityksissä TPhT:n määrät olivat Huruslahdessa TBT:a selvästi pienemmät ja kaloista havaittu organotinojen summa selvästi alapuolisia alueita suurempi. Alapuolisella Siitinselällä ja Vuoriselällä TPhT:n ahvenista havaittu määrä oli TBT:a suurempi. Huruslahden alapuolisilla alueilla havaitut pitoisuudet olivat alhaisia.



Kalatutkimusten tulosten perusteella organotinojenkin havaittu määrä oli alhainen ja selkeää tarvetta rajoittaa kalan käyttöä tarkkailualueilla ei ilmennyt. Ravintoketjussa norppien kannalta korkealla olevia kiiskiä onnistuttiin saamaan, mutta niiden koko oli niin pieni, ettei niistä saatu elohopeamääritysten lisäksi organotinamäärityksiä tehtyä.

**Taulukko 7. Kalojen organotina- ja elohopeapitoisuudet vuoden 2022 tutkimuksissa. Vertailuna vuoden 2016 tutkimuksen ahvenien (5 kpl) elohopeapitoisuudet sekä TBT- ja organotinojen summapitoisuudet sekä kiiskien (5 kpl) elohopeapitoisuudet.**

Alue osa-alue näytekalat	Elohopea		DBT		TBT		TPhT		Org.tina summa		Pituusjakauma		Painojakauma	
	mg/kg		µg/kg		µg/kg		µg/kg		µg/kg		cm		g	
	2022	2016	2022	2016	2022	2016	2022	2016	2022	2016	2022	2016	2022	2016
<b>Huruslahti</b>														
Hauki 1 kpl	0,48		2,8		13		2,1		17,9		58		1130	
Ahven 5 kpl	0,21	0,43	1,1		11	9	2,4		14,5	11	16-21	16-32	49-118	48-490
Kiiski 5 kpl	0,05	0,72									6-7	6,5-8,0	2,0-4,0	3,3-6,2
<b>Siitinselkä, Huruslahti – Tahkonsalmi</b>														
Hauki 1 kpl	0,46		-		1,3		1,3		2,6		47		584	
Ahven 5 kpl	0,29	0,28	-		3,3	4	5,3		8,6	8	16-24	17-35,5	49-165	51-650
Kiiski 5 kpl	0,05	0,08									6	-	2,0-3,0	5,5-7,5
<b>Vuoriselkä, Tahkonsalmi – natura-alue</b>														
Ahven 5 kpl	0,28	0,28	-		1,1	2	3,1		4,2	6	24-28	13,5-33	169-275	22-520

Vuosina 2007-2010 tehdyissä haitta-ainetutkimuksissa organotinapitoisuudet olivat keskimäärin 20 µg/kg, josta yli 80 % oli TBT:a (Ramboll 2013). Suurimmat havaitut pitoisuudet olivat kuhassa (42 µg/kg) sekä mateessa (41 µg/kg), jotka eivät kuulu jatko-ohjelmassa tarkkailtaviin lajeihin (hauki, ahven ja kiiski). Vuoden 2016 kalastotutkimuksen organotinaselvityksissä jäätiin alle aiempien pitoisuuksien ja korkein pitoisuus havaittiin Huruslahdelta, pohjaa pöyhivistä kiiskistä. Vuoden 2022 tutkimuksessa Huruslahdessa ahvenista havaittu organotinojen summapitoisuus oli vuoden 2016 summapitoisuutta hieman korkeampi ja elohopeapitoisuus vuoden 2016 tutkimusta hieman alhaisempi. Siitinselällä ahvenista havaittu organotinojen summapitoisuus ja elohopeapitoisuus olivat lähes samaa tasoa vuoden 2016 tutkimuksen kanssa. Vuoriselällä havaittu summapitoisuus oli vuoden 2016 tasoa hieman alhaisempi, elohopeapitoisuus samalla tasolla. Kiiskien elohopeapitoisuus oli Huruslahdella vuoden 2016 tasoa alhaisempi ja Siitinselällä määritystarkkuus huomioon ottaen lähes samaa tasoa vuoden 2016 tutkimuksen kanssa (taulukko 7).

## SAVO-KARJALAN YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY



Ossi Lappalainen  
tutkija, FM



Miika Sarpakunnas  
tutkija, FM

## LÄHTEET

Kukkonen, Minna I., 2017. Varkauden Huruslahden ja Haukiveden haitta-ainetarkkailu 2016. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. Tutkimusraportti.

Lukkari, T., Koponen, K., Tuomi, P., Dahlbo, K., Rossi, E., Järvinen, K., 2006. Tributyyliä (TBT) maaympäristössä. Suomen Ympäristökeskus. Julkaisu, Suomen ympäristö 16/2006.

Massinen, S., 2015. Varkauden Huruslahden tarkkailu, sedimenttitutkimus vuonna 2015. FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy. Tutkimusraportti.

Ramboll Finland Oy, 2013. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Huruslahden pohja-sedimentin haitta-aineiden kulkeutumisen vähentäminen. Varkauden kaupunki. 2.5.2013;

Ramboll Finland Oy, 2009. Varkauden Huruslahden ja Haukiveden sedimentin haitta-aineet. Tutkimusraportti. Työnumero 82123966. 1.12.2009.

Sarpakunnas, M., 2022. Haukiveden kalataloudellisen yhteistarkkailun vuosiyhteenveto 2022. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. Velvoitetarkkailuraportti.

Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje 2015. Ympäristöministeriö. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015.