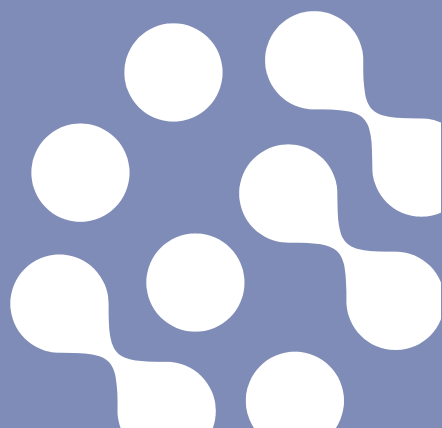


Eurofins Ahma Oy
9.3.2022

TERRAFAME OY

TERRAFAMEN ALAPUOLISTEN VIRTAVESIEN VESISAMMALTEN METALLIPITOISUUDET 2021



TERRAFAME OY, TERRAFAMEN ALAPUOLISTEN VIRTAVESIEN VESISAMMALTEN METALLIPITOISUUDET 2021

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	1
2.	AINEISTO JA MENETELMÄT	1
2.1	NÄYTTEENOTTOPAIKAT	1
2.2	VESISAMMALMENETELMÄ	2
2.3	NÄYTTEENOTTO JA ESIKÄSITTELY	2
2.4	ANALYYSIT	4
3.	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	4
3.1	TARKKAILUVUOSIEN VÄLINEN VERTAILU	5
3.2	TULOSTEN TARKASTELU	11
4.	YHTEENVETO	12
VIITTEET		13
LIITTEET		14

LIITTEET

Liite 1. Vesisammalnäytteiden metallipitoisuudet 2013, 2015, 2019 ja 2021 tarkkailuissa

Liite 2. Tutkimustodistus

Pohjakartat: © Maanmittauslaitos, maastokarttarasteri 1:250000, 2/2022

9.3.2022

Eurofins Ahma Oy

Stiina Lehmus

Ympäristöasiantuntija

Sami Hamari

Ympäristöasiantuntija

Tiina Härmä

Projektipäällikkö

Yhteystiedot

Nuottasaarentie 17, ovi K301

90400 OULU

Sähköposti: EtunimiSukunimi@eurofins.fi

www.eurofins.fi

1. JOHDANTO

Terrafamen alapuolisista virtavesistöistä tutkitaan määrääjoin metallipitoisuuksia vesisammalista osana alueen alapuolisten vesistöjen biologista tarkkailua. Vesisammalten metallipitoisuuksien määrittäminen on aloitettu vuonna 2013 ja toistettu vuonna 2015. Tarkkailuohjelman mukaisesti vesisammalseuranta jatkettiin vuonna 2018, mutta analyysissä tapahtuneen virheen vuoksi saadut tulokset eivät olleet vertailukelpoisia. Tästä syystä tarkkailusuunnitelmasta poiketen vesisammalnäytteet haettiin ja analysoitiin uudestaan vuonna 2019. Tarkkailusuunnitelman mukaan vuoden 2018 jälkeen vesisammalten metallipitoisuuksien seuranta toteutetaan kolmen vuoden välein, joten seuranta toteutettiin vuonna 2021.

Vesisammalseuranta toteutettiin 2019 laaditun tarkkailuohjelman (Ramboll Finland Oy 2019) mukaisesti. Tarkkailuohjelmassa on yhdistetty eri toimintojen tarkkailua koskevat voimassa olevat Kainuun ja Pohjois-Savon ELY-keskusten hyväksymät erilliset tarkkailuohjelmat sekä niihin tehdyt lisäykset.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Näytteenottopaikat

Vesisammalten metallipitoisuutta seurataan seitsemältä havaintopaikalta. Kolme havaintopaikkaa kuuluu Oulujoen vesistöalueeseen (Kalliojoki, Tuhkajoki sekä Jormasjoki) ja neljä Vuoksen vesistöalueeseen (Lumijoki, Kivijoki, Laakajoki sekä Nurmijoki). Tiedot havaintopaikoista on koottu taulukkoon 2-1 ja havaintopaikkojen sijainti on esitetty kartalla kuvassa 2-1. Kaikki havaintopaikat ovat Terrafamen alueen vaikutuspiirissä, joten vertailuhavaintoja ei ole.

Taulukko 2-1. Vesisammalten näytteenottopaikat.

Havaintopaikka	Koordinaatit (ETRS-TM35FIN)	Kuvaus
Oulujoen vesistöalue		
Kalliojoki	7099703 - 550496	Alueen pohjoisosassa Kalliojärvestä Kolmisoppeen laskeva joki
Tuhkajoki	7102110 - 554645	Kolmisopesta Jormasjärveen laskeva joki
Jormasjoki	7111567 - 553317	Jormasjärvestä Nuasjärveen laskeva joki
Vuoksen vesistöalue		
Lumijoki	7089984 - 545327	Alueen lounaisosasta soiden läpi Kivijärveen laskeva joki
Kivijoki	7087908 - 544882	Kivijärvestä Laakajärveen laskeva joki
Laakajoki	7076309 - 543610	Laakajärvestä Kiltuanjärveen laskeva joki
Nurmijoki	7053334 - 539904	Haapajärven, Päsmärin ja Nurmisen jälkeen Korholanselälle laskeva joki (Koirakoski)

Edellisen vesisammalten tarkkailuvuoden jälkeen suurin osa käsitellyistä purkuvesistä on johdettu Oulujoen vesistöön. Vuonna 2019 purkuvesiä ei johdettu Vuoksen vesistöalueelle. Vuoden 2019 purkuvesistä noin 90 % johdettiin purkuputkella vesisammalhavaintopaikkojen ohi Nuasjärveen ja noin 10 % Oulujoen vesistöalueelle vesisammalhavaintopaikkojen yläpuoliselle osuudelle. Vuosina 2020 ja 2021 noin 86 % purkuvesistä johdettiin purkuputkella Nuasjärveen, vesisammalten havaintopaikkojen alapuoliseen vesistön osaan. Noin 6 % käsitellyistä purkuvesistä johdettiin vesisammalhavaintopaikkojen yläpuolisella osuudella Oulujoen vesistössä. Noin 7 % laskettiin Vuoksen vesistöalueelle (Eurofins Ahma Oy 2022a) vesisammalhavaintopaikkojen yläpuoliselle osuudelle.

Tuotantoaluetta lähimmät havaintopaikat kuuluvat mustaliuskealueille, joilla on todettu useissa tutkimuksissa verrattain korkeita luontaisia raskasmetallipitoisuuksia mm. turpeessa, puro- ja järvisedimenteissä, kaloissa ja purovesissä (Gustavsson ym. 2011, Loukola-Ruskeeniemi ym. 1990, Mäkilä ym. 2012, Mäkinen ja Kauppila 2006).

2.2 Vesisammalmenetelmä

Sammalten tiedetään ilmentävän ympäristönsä metallipitoisuuksia. Vesisammalten metallipitoisuudet kuvastavat vesistön metallikuormitusta sitä pitemmältä ajalta, mitä useampi vuosikasvain sammalversoista otetaan analysoitavaksi. Vesisammalten metallipitoisuuksiin vaikuttaa vesistön metallikuormituksen lisäksi moni asia, kuten lämpötila ja pH, joten vesisammalten metallipitoisuudet eivät kuitenkaan suoraan kuvasta metallikuormitusta. Vesisammalten metallipitoisuuksien ohjeelliset viitearvot on esitetty taulukossa 2-2 (Vuori 2002).

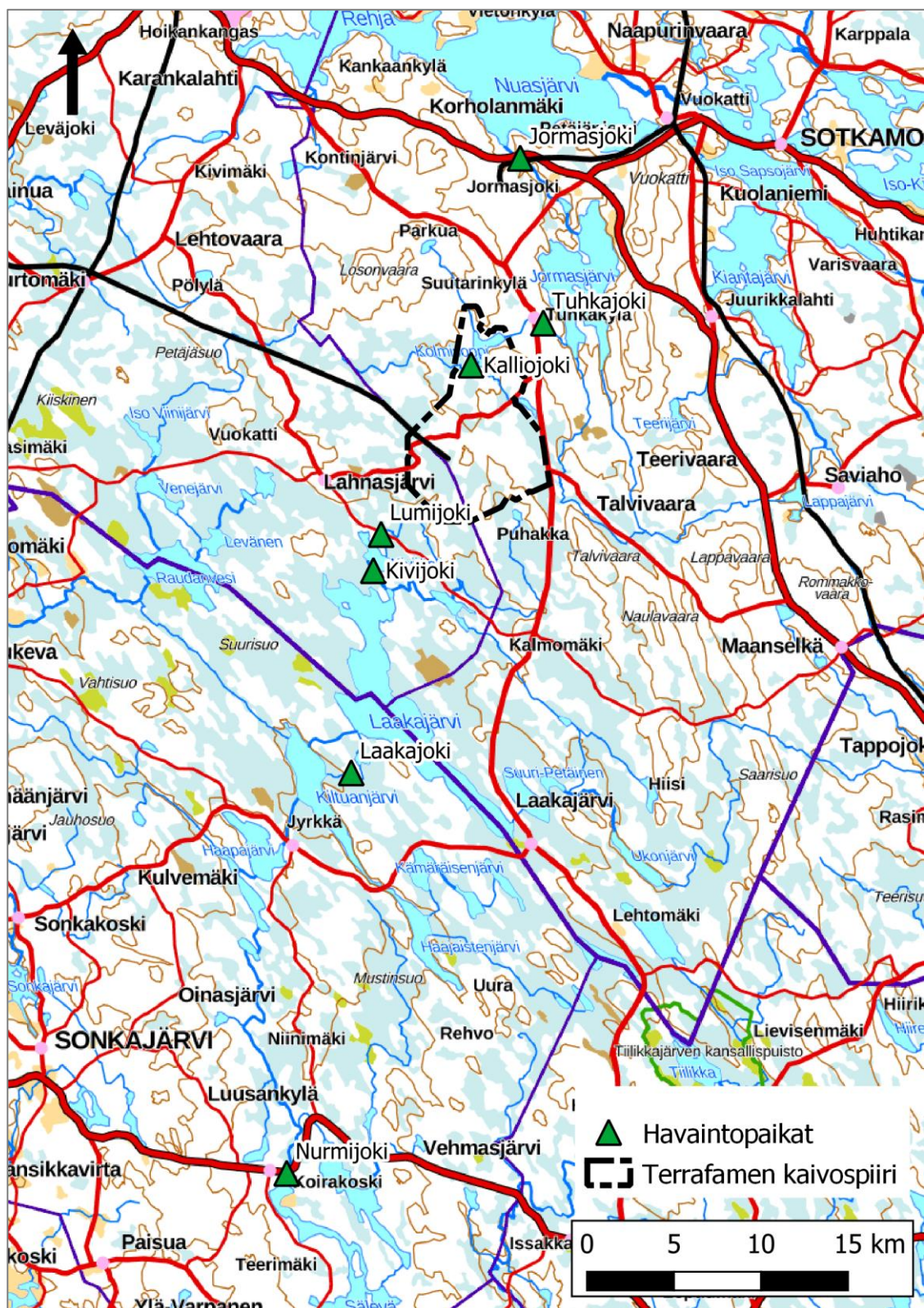
Taulukko 2-2. Ruotsin ympäristöviranomaisten ehdottamat viitteelliset ohjearvot vesisammalten metallipitoisuuksista sekä vastaavat ohjearvot suomalaisen aineiston perusteella. Pitoisuudet mg/kg kuiva-ainetta version kärjissä (Vuori 2002).

	Hyvin alhaiset		Alhaiset		Kohtalaisen korkeat		Korkeat		Hyvin korkeat	
	SWE	FIN	SWE	FIN	SWE	FIN	SWE	FIN	SWE	FIN
Arseeni	<0,5	<0,7	0,5-3	0,7-1,7	3-8	1,7-6,1	8-40	6,1-30,5	>40	>30,5
Elohopea	<0,04		0,04-0,1		0,1-0,3		0,3-1,5		>1,5	
Kadmium	<0,3	<0,2	0,3-1	0,2-0,5	1-2,5	0,5-1,8	2,5-15	1,8-8,8	>15	>8,8
Koboltti	<2		2-10		10-30		30-150		>150	
Kupari	<7	<11	7-15	11-16	15-50	16-68	50-250	68-338	>250	>338
Lyijy	<3	<1	3-10	1-3	10-30	3-8	30-150	8-41	>150	>41
Nikkeli	<4		4-10		10-30		30-150		>150	
Sinkki	<60	<53	60-160	53-103	160-500	103-351	500-2500	351-1755	>2500	>1755

2.3 Näytteenotto ja esikäsittely

Vesisammalten metallipitoisuuksien määrittämistä varten kerättiin kokoomanäytteet 13.-30.9.2021 tarkkailuohjelman mukaisesti seitsemältä havaintopaikalta. Näytteet otettiin 13.9.2021 Jormasjoen ja Tuhkajoen havaintopaikoilta, 15.9.2021 Kalliojoen havaintopaikalta, 20.9.2021 Lumijoen ja Kivijoen havaintopaikoilta ja 30.9.2021 Laakajoen ja Nurmijoen havaintopaikoilta. Havaintoaloista kolme kuuluu Oulujoen vesistöalueeseen: Kalliojoki, Tuhkajoki sekä Jormasjoki. Neljä havaintopaikkaa kuuluu Vuoksen vesistöalueeseen: Lumijoki, Kivijoki, Laakajoki sekä Nurmijoki. Tiedot havaintopaikoista on koottu taulukkoon 2-2 ja havaintopaikkojen sijainti on esitetty kartalla kuvassa 2-1. Kaikki havaintopaikat ovat Terrafamen vaikutuspiirissä, joten vertailuhavaintoja ei ole.

Näytteet kerättiin virtanäkinsammalesta (*Fontinalis dalecarlica*). Jokaiselta havaintopisteeltä kerättiin kolme rinnakkaisnäytettä, joista leikattiin 3-5 uusinta vuosikasvainta kokoomanäytteeksi. Näytteenotto ja näytteiden esikäsittely tehtiin standardin SFS 5671 mukaisesti. Näytteet otti sertifioitu näytteenottaja.



Kuva 2-1. Vesistöjen biologisen tarkkailun havaintopisteet kartalla.

2.4 Analyysit

Kokoomanäytteet kuivattiin vakiopainoon (40 °C). Kuivatut näytteet homogenisoitiin ja hajotettiin mikroaaltomärkäpolttolaitteistolla väkevässä typpihapossa. Alkuainepitoisuudet määritettiin ICP-MS -tekniikalla perustuen SFS-EN ISO 17294-2 standardiin.

Kokoomanäytteistä analysoitiin arseeni-, barium-, elohopea-, kadmium-, koboltti-, kupari-, nikkeli-, lyijy-, sinkki- ja uraanipitoisuudet Eurofins Environment Testing Finland Oy:n Lahden akkreditoidussa ympäristölaboratoriossa. Analyysimenetelmien määritysrajat ja mittausepävarmuudet on esitetty taulukossa 2-3.

Taulukko 2-3. Analyysimenetelmien määritysrajat vuonna 2021.

Alkuaine	Määritysraja (mg/kg kuivap.)	Mittausepävarmuus
As	1	25 %
Ba	1	20 %
Hg	0,1	25 %
Cd	0,2	25 %
Co	1	20 %
Cu	5	25 %
Pb	1	25 %
Ni	2	25 %
Zn	5	25 %
U	1	20 %

3. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Vesisammalnäytteiden metallipitoisuudet olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta korkeimpia Oulujoen vesistöalueen havaintopaikoilla. Seurantavuoden 2021 korkein bariumpitoisuus vesisammalilla havaittiin Vuoksen vesistöalueella Laakajoella. Vuonna 2021 havaitut pitoisuudet olivat useimpien metallien (Cd, Co, Cu, Pb, Ni, Zn ja U) osalta korkeimpia Kalliojoen näytteissä (taulukko 3-1, liite 1). Kalliojoen havaintopaikka on Terrafamen aluetta lähin havaintopaikka Oulujoen vesistössä. Arseenin korkein mitattu pitoisuus oli 2,5 mg/kg, joka mitattiin sekä Jormasjoen että Laakajoen näytteistä. Myös kuparin korkein havaittu pitoisuus mitattiin sekä Oulujoen että Vuoksen vesistöalueella sijainneiden havaintopaikkojen näytteiltä. Elohopean osalta havaitut pitoisuudet alittivat analyysin määritysrajan (0,1 mg/kg) yhtä näytettä lukuun ottamatta.

Viitearvoihin nähden noin puolet havaituista pitoisuuksista on korkeita myös mittausepävarmuus huomioiden. Ainoastaan kuparin pitoisuudet ovat kaikilta havaintopaikoilta mitatuissa näytteissä alhaiset tai hyvin alhaiset. Alhaisia ja hyvin alhaisia pitoisuuksia löytyy myös elohopean osalta. Havaituista elohopeapitoisuuksista kaikki alittivat analyysin määritysrajan Tuhkajoen näytettä lukuun ottamatta. Viitearvoihin nähden hyvin korkeita pitoisuuksia havaittiin vain Oulujoen vesistöalueen näytteissä nikkelin ja koboltin osalta. Uraanille ja bariumille ei ole saatavissa viitearvoja.

Oulujoen vesistöalueella pitoisuudet olivat pääosin korkeimmat lähimpänä Terrafamen aluetta ja pienimmät kauimpana alueelta. Vuoksen vesistöalueella havaittiin enemmän hajontaa havaittujen korkeimpien pitoisuuksien sijoittumisessa.

Taulukko 3-1. Vuoden 2021 sammalnäytteistä mitatut metallipitoisuudet mg/kg ka. Lyijyn pitoisuuksia on ilmoitettu alle määrittäysrajan (0,1 mg/kg).

Havaintopaikka	As	Ba	Hg	Cd	Co	Cu	Pb	Ni	Zn	U
Oulujoen vesistöalue										
Kalliojoki	1,7	240	0,07*	4,4	170*	11	11	260*	480	2
Tuhkajoki	1,3	260	0,12*	4,2	65*	9,8	1,6	140*	450	0,57
Jormasjoki	2,5	130	<0,05*	3,1	9*	9,9	0,99	190*	440	0,42
Vuoksen vesistöalue										
Lumijoki	1,3	150	0,057*	0,3	40*	11	8	34*	62	0,65
Kivijoki	0,34	100	0,07*	0,23	9,5*	7,8	1,5	28*	210	0,43
Laakajoki	2,5	1300	<0,05*	1,3	58*	6	7	36*	240	0,24
Nurmijoki	1,8	230	0,055*	1,3	19*	7,9	6,3	21*	170	0,24

Taustaväri kuvastaa arvon sijoittumista viitearvoihin, ensisijaisesti suomalaisiin. Ks. värien selitteet taulukko 2-2.

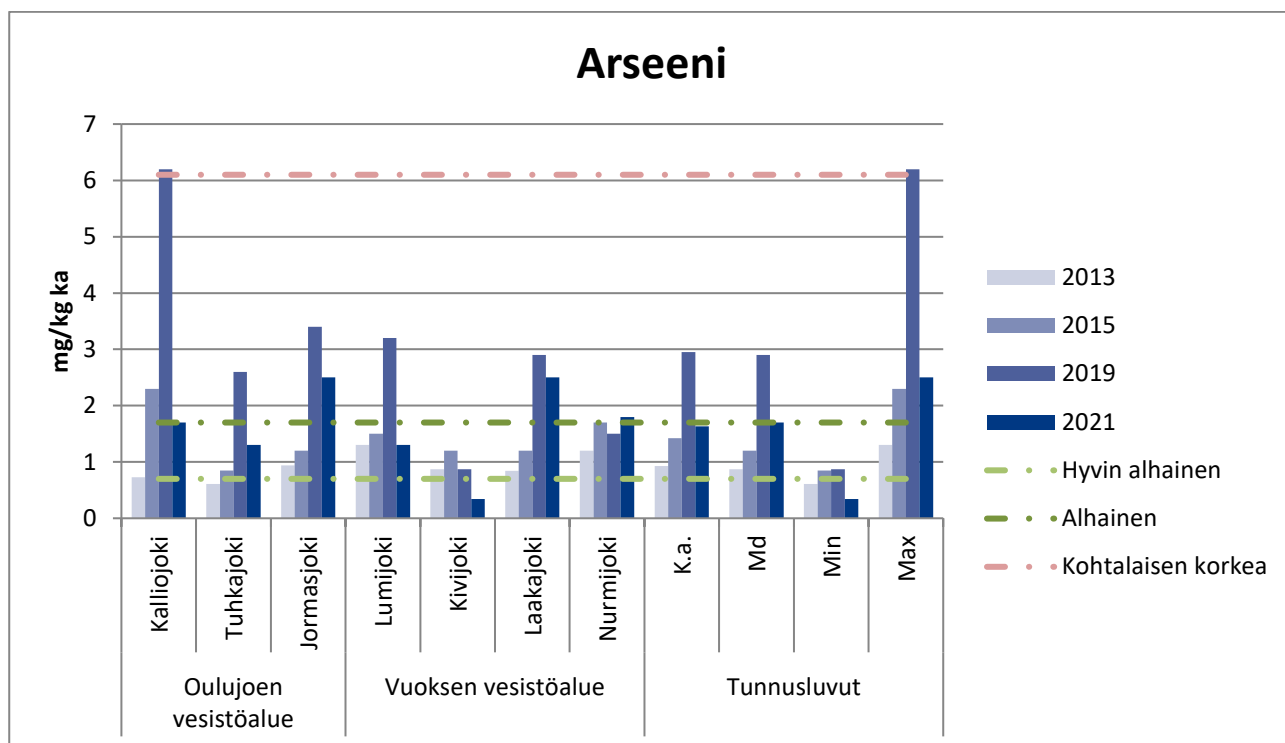
Uraanille ja bariumille ei ole saatavissa viitearvoja.

*Käytetty ruotsalaista viitearvoa

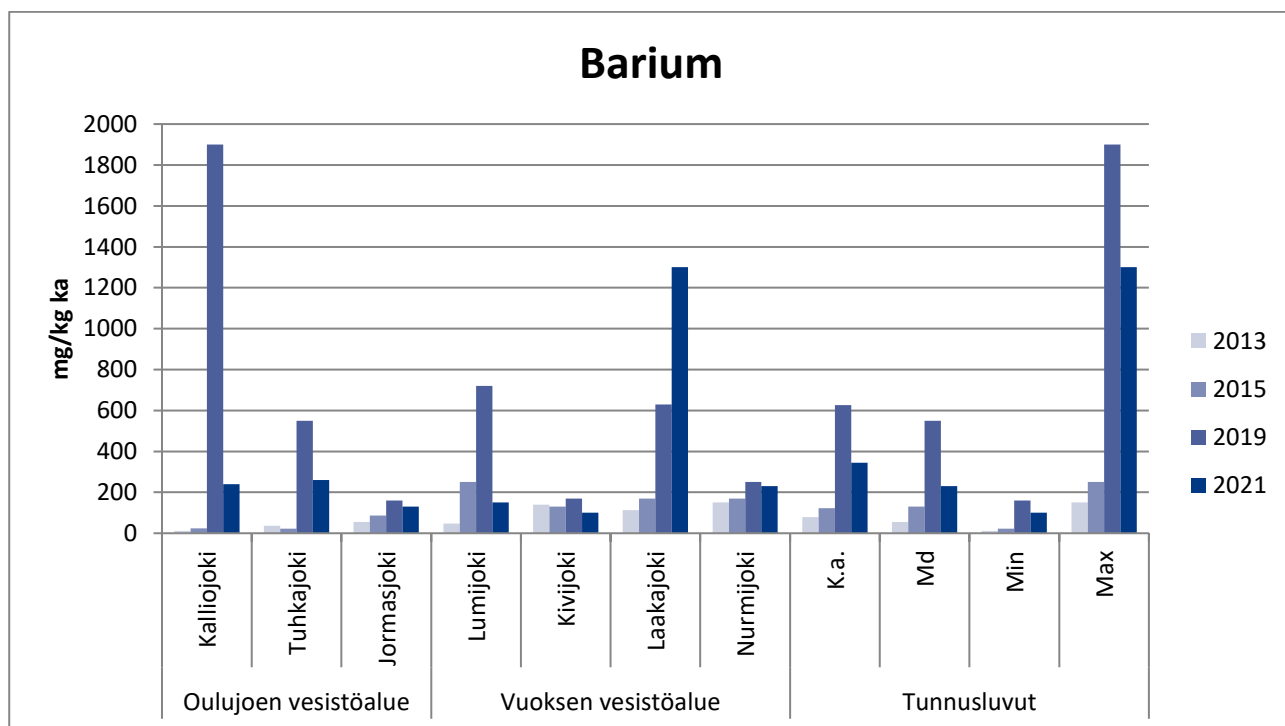
3.1 Tarkkailuvuosien välinen vertailu

Vesisammalnäytteiden keskiarvoiset metallipitoisuudet ovat laskeneet lähes kaikkien mitattujen metallien osalta vuodesta 2019, jolloin useat mitatut pitoisuudet olivat mittaushistoriaan nähden hyvin korkeita (kuva 3-1 - kuva 3-10). Muutos on ollut suurinta kadmiumin kohdalla, jonka pitoisuudet vuonna 2021 ovat keskimäärin noin kolmannes vuoden 2019 pitoisuuksista. Elohopean ja uraanin pitoisuuksien muutos eroaa havaitusta trendistä. Elohopean pitoisuus vuosien 2019 ja 2021 välillä on niin pieni, että ero pitoisuuksissa voi johtua mittausepävarmuudesta. Myös muutos elohopeapitoisuuksissa vuosien 2015 ja 2019 välillä oli jyrkän nousun sijaan laskeva. Vesisammalista havaitut uraanipitoisuudet ovat laskeneet tai pysyneet samalla tasolla vuodesta 2013 lähtien, jolloin uraanista havaittiin huomattavan korkeita pitoisuuksia verrattuna myöhempiin havaittuihin pitoisuuksiin. Uraanipitoisuudet olivat korkeita vuonna 2013 etenkin Vuoksen vesistöalueen ylimmillä havaintopaikoilla. Havaintopaikkakohtaisesti muutos metallien pitoisuuksissa on ollut suurin Kalliojoen näytteissä, joiden mitatut metallipitoisuudet keskimäärin puolittuivat sitten viime seurantavuoden.

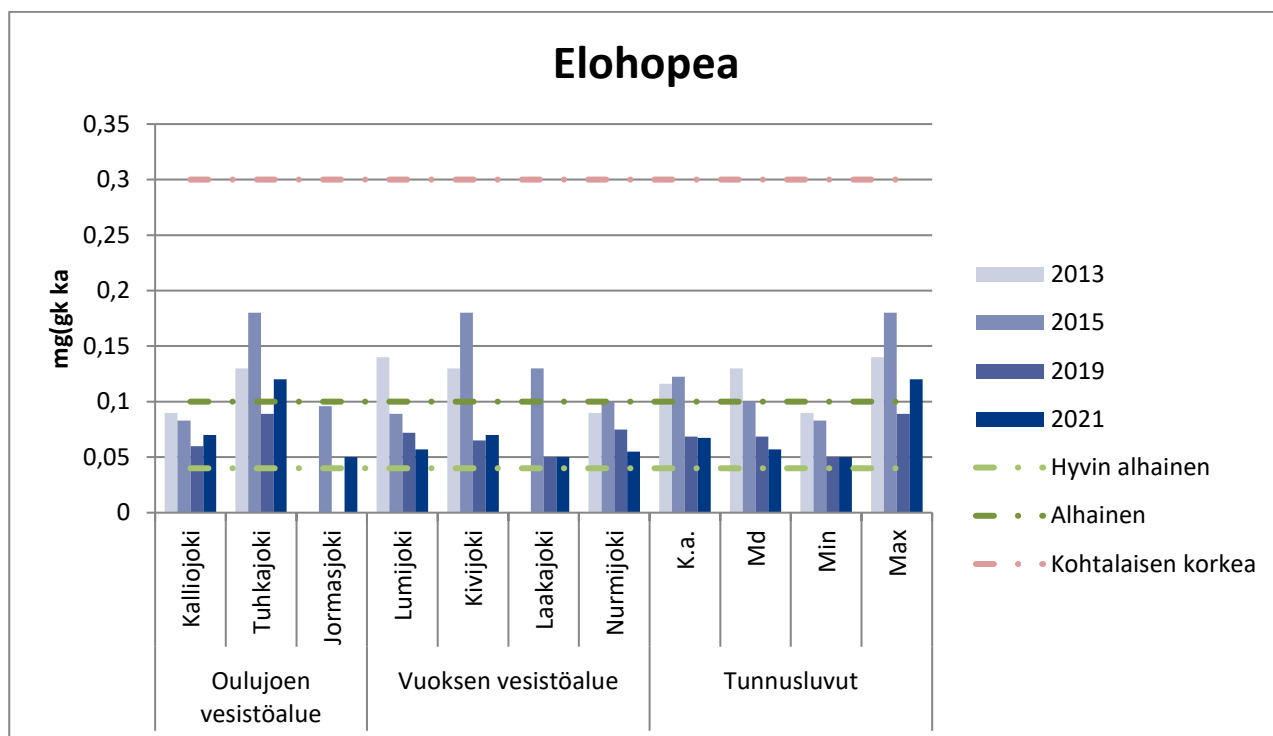
Vuoden 2021 havaitut pitoisuudet ovat vuosien 2019-2021 välisestä laskusta huolimatta keskimäärin pääosin korkeampia tai saman tasoisia kuin vuosina 2013 ja 2015 havaitut pitoisuudet. Vuoteen 2015 verrattuna vuoden 2021 havaitut pitoisuudet ovat keskimäärin selkeästi pienempiä elohopean, lyijyn ja uraanin osalta. Selkeästi keskimääräistä korkeampia ovat barium-, koboltti-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet. Muiden metallien pitoisuudet olivat keskimäärin saman tasoisia, kun mittausepävarmuus huomioidaan.



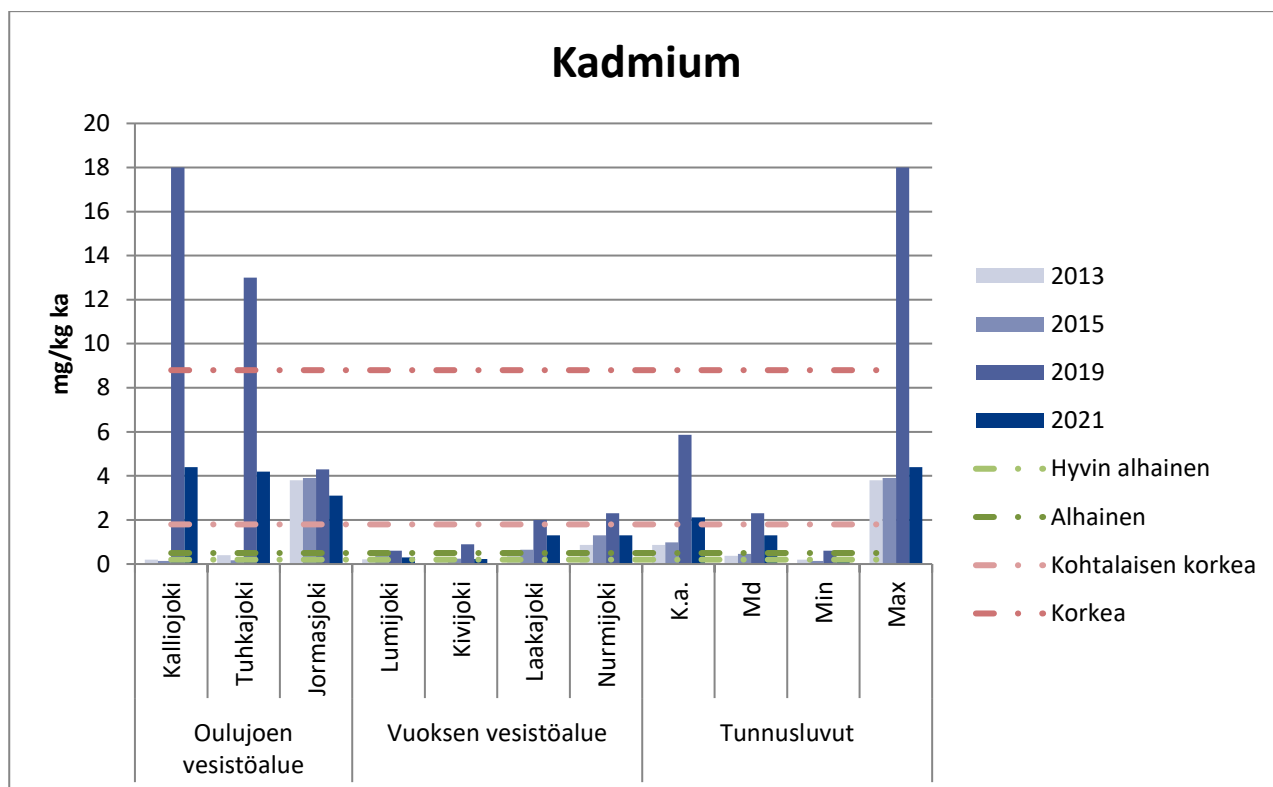
Kuva 3-1. Havaitut arseenipitoisuudet 2013-2021 ja viitearvot (ks. taulukko 2-2).



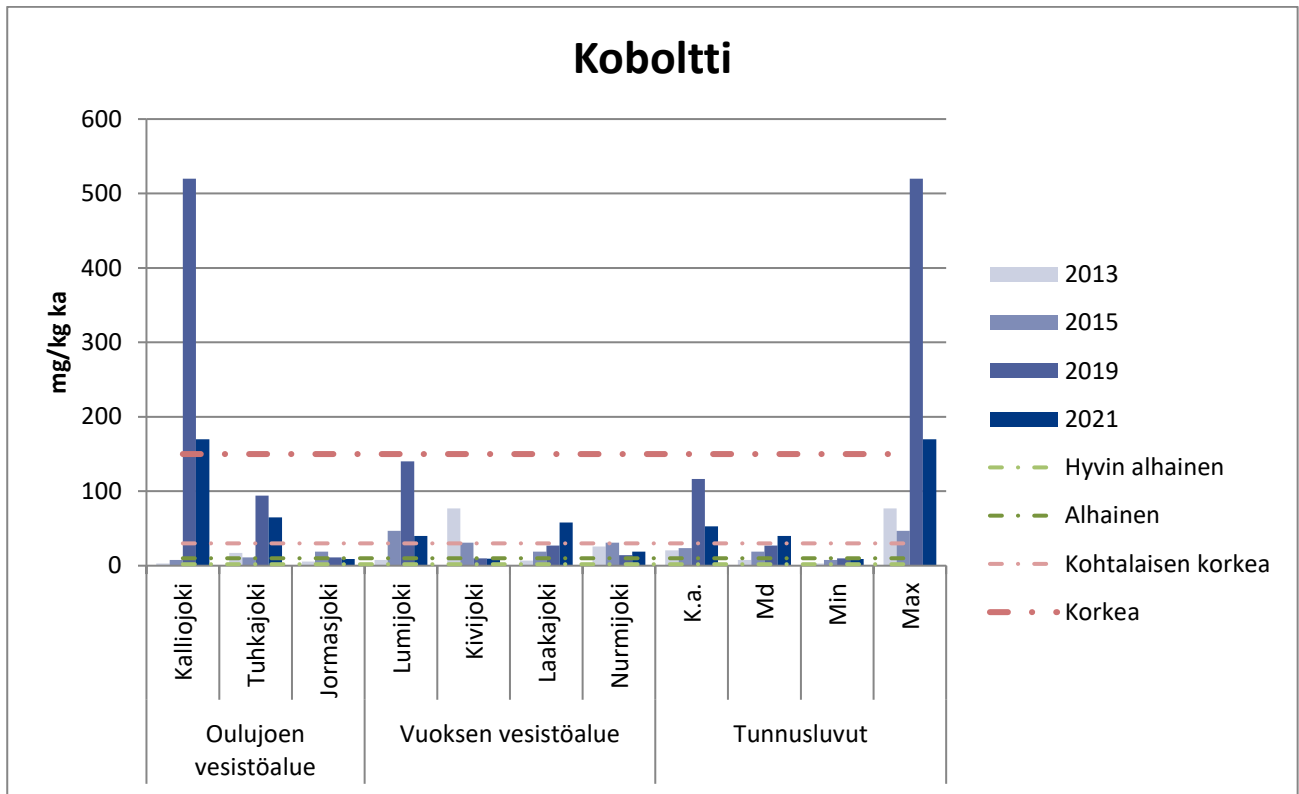
Kuva 3-2. Havaitut bariumpitoisuudet 2013-2021. Bariumpitoisuuksille ei ole saatavilla viitearvoja.



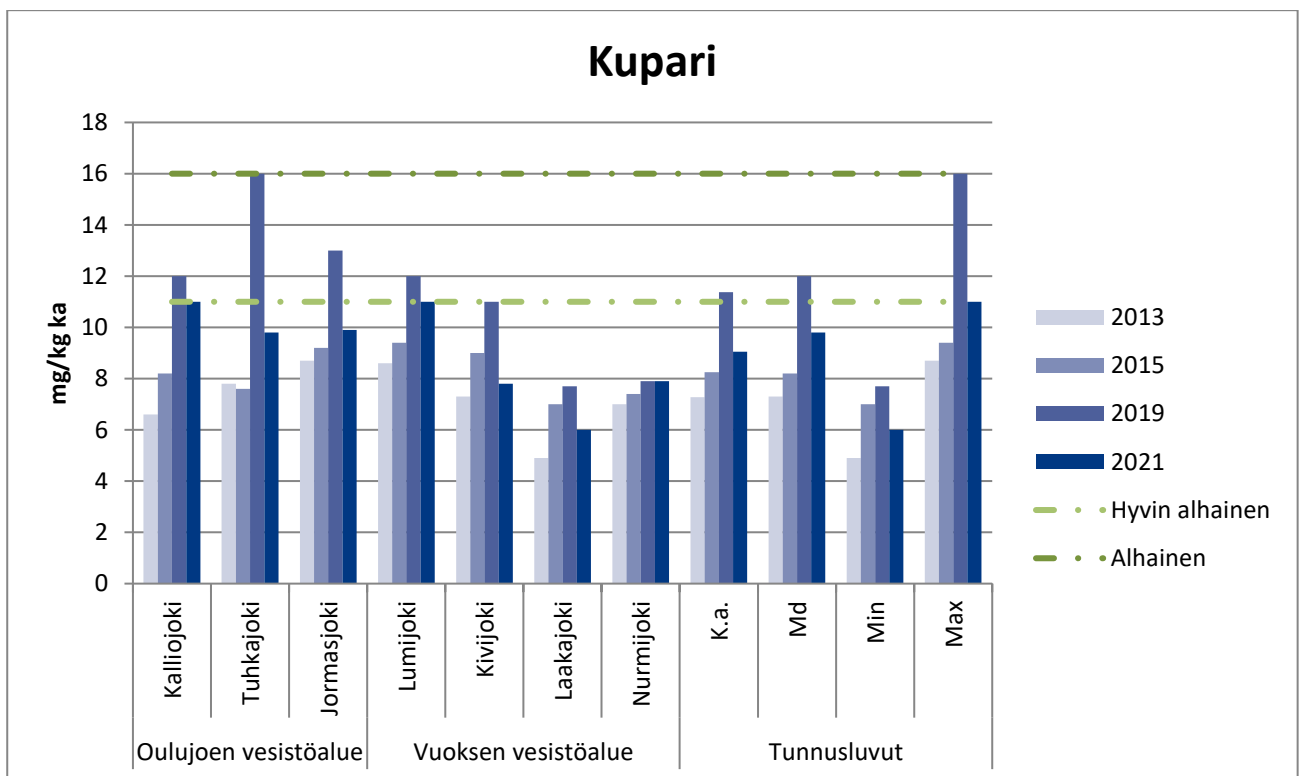
Kuva 3-3. Havaitut elohopeapitoisuudet 2013-2021 ja viitearvot (ks. taulukko 2-2).



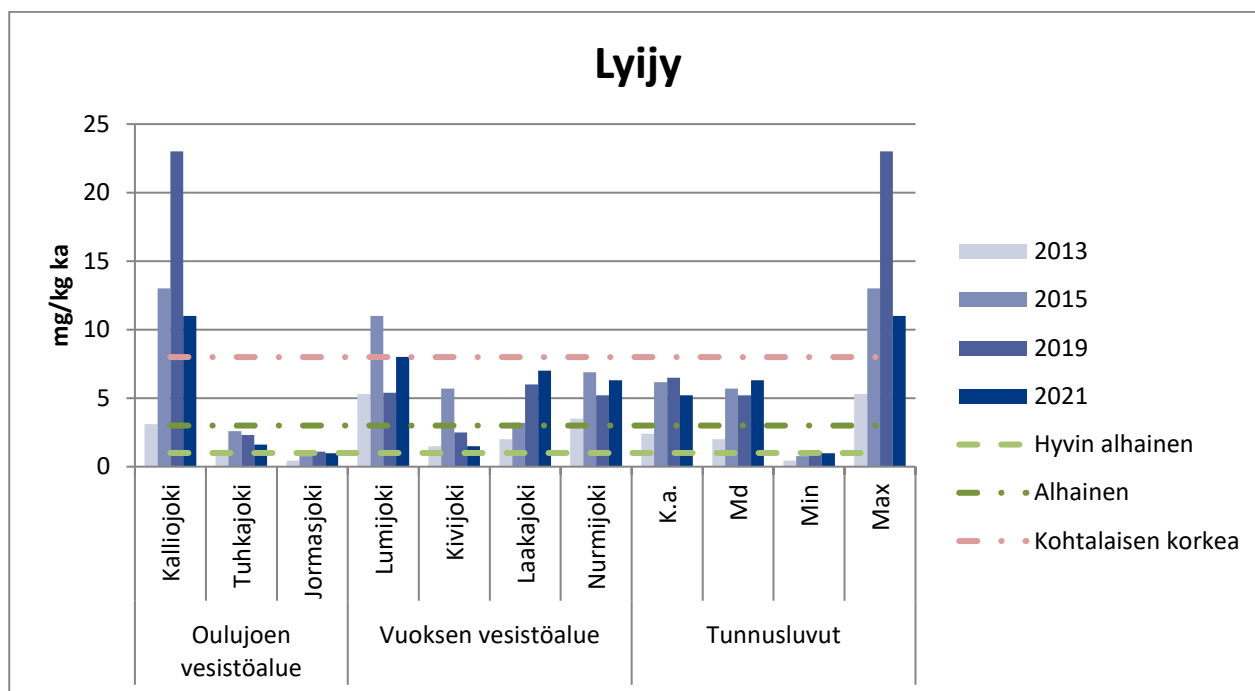
Kuva 3-4. Havaitut kadmiumpitoisuudet 2013-2021 ja viitearvot (ks. taulukko 2-2).



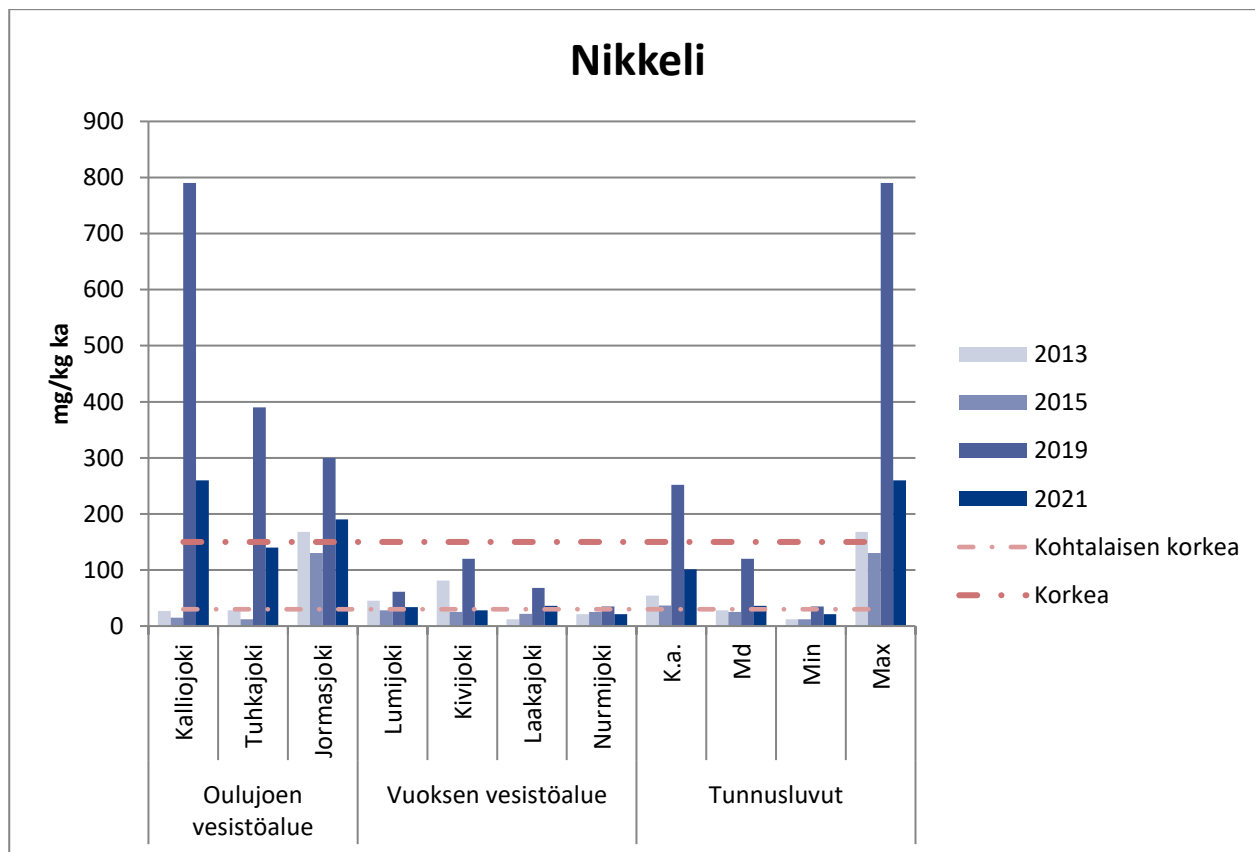
Kuva 3-5. Havaitut kobolttipitoisuudet 2013-2021 ja viitearvot (ks. taulukko 2-2).



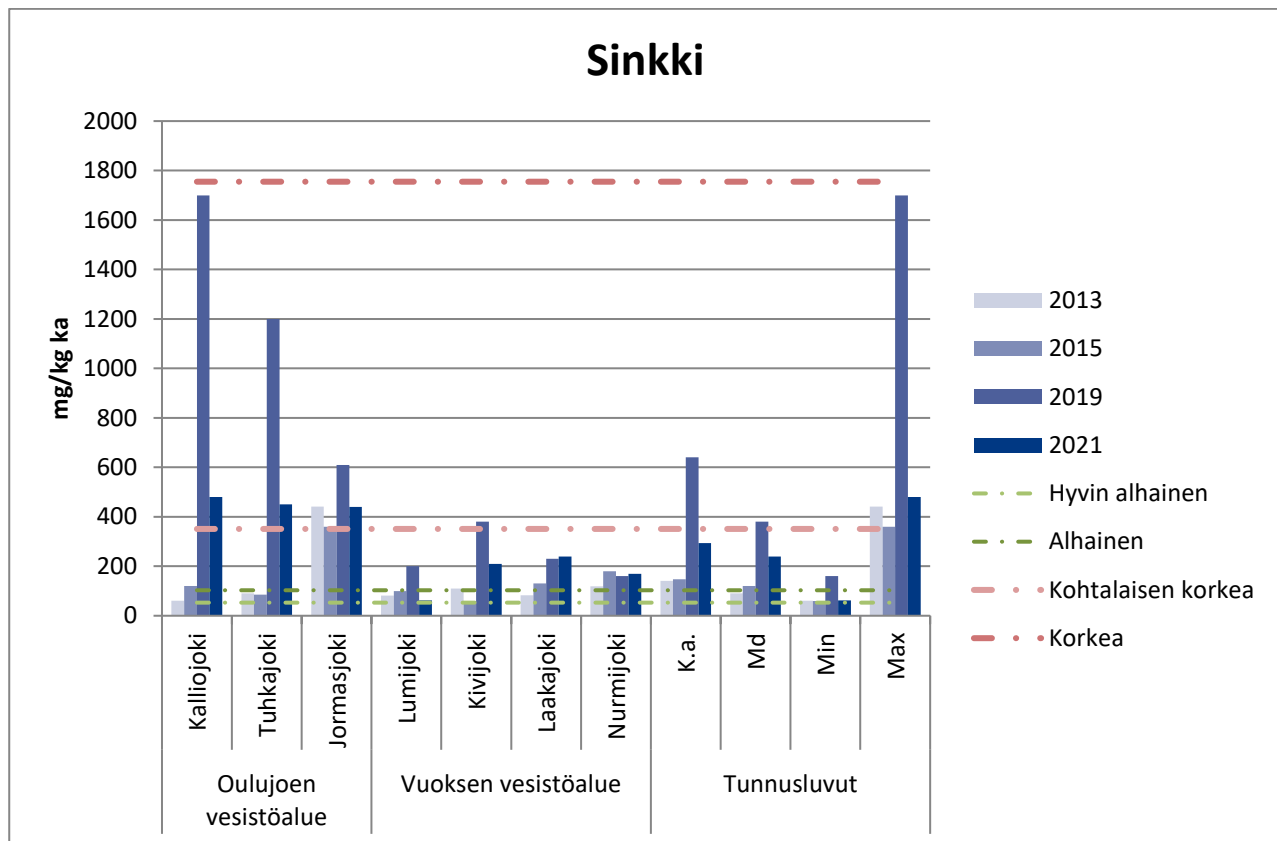
Kuva 3-6. Havaitut kuparipitoisuudet 2013-2021 ja viitearvot (ks. taulukko 2-2).



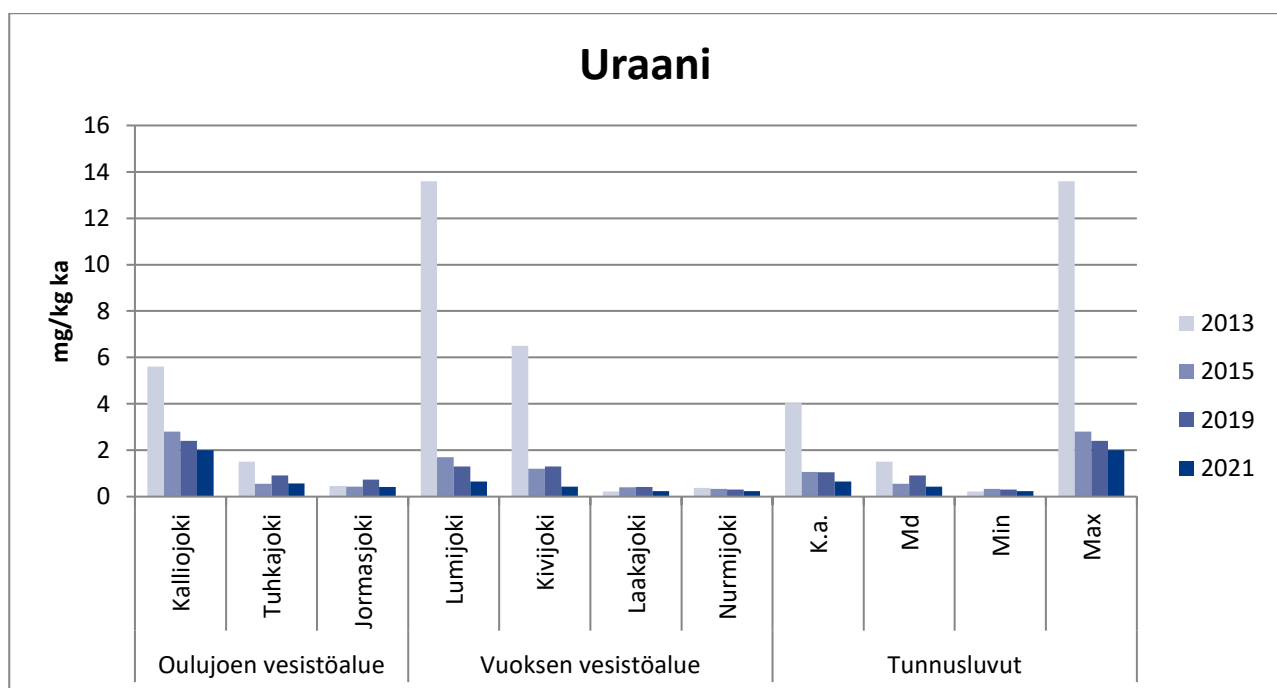
Kuva 3-7. Havaitut lyijypitoisuudet 2013-2021 ja viitearvot (ks. taulukko 2-2).



Kuva 3-8. Havaitut nikkelipitoisuudet 2013-2021 ja viitearvot (ks. taulukko 2-2).



Kuva 3-9. Havaitut sinkkipitoisuudet 2013-2021 ja viitearvot (ks. taulukko 2-2).



Kuva 3-10. Havaitut uraanipitoisuudet 2013-2021. Uraanipitoisuuksille ei ole saatavilla viitearvoja.

Vesistöaluekohtainen vesisammalten metallipitoisuuksien muutos vuoden 2019 ja 2021 välillä ei eroa kahden tutkitun vesistön osalta huomattavasti, mutta pitoisuuksissa on havaittavissa vesistökohtaisia eroja. Vuoksen vesistöalueella havaittiin metallipitoisuuden nousua vuodesta 2019 vuoteen 2021 useammin, kuin Oulujoen vesistöalueella, mutta erot ovat keskimäärin pieniä. Havaitut metallipitoisuudet vuonna 2021 ovat Vuoksen vesistöalueella keskimäärin matalammat verrattuna Oulujoen vesistöalueen pitoisuuksiin, lukuun ottamatta barium- ja lyijypitoisuuksia. Suurin ero vesistöalueilla havaituissa pitoisuuksissa vuonna 2021 havaittiin nikkelin pitoisuudessa, jonka keskiarvo on Oulujoen vesistöalueella yli kuusinkertainen (169,67 mg/kg) verrattuna Vuoksen vesistöalueella havaittuun (29,75 mg/kg).

Oulujoen vesistöalueella muutos vuosien 2019-2021 havaittujen pitoisuuksien välillä heijasteli muutosta vuosien 2015-2019 välillä erityisesti bariumin, kadmiumin, koboltin, nikkelin ja osin myös sinkin osalta. Vuosien 2015 ja 2019 välillä muutos on kyseisten metallien kohdalla ollut jyrkästi nousujohteinen ja sitä suurempi, mitä lähempänä havaintopaikka sijaitsi Terrafamen aluetta. Vuosien 2019 ja 2021 välillä havaitut pitoisuudet olivat laskeneet sitä enemmän, mitä enemmän ne olivat vuosien 2015-2019 välillä nousseet.

Vuoksen vesistöalueella muutos havaituissa pitoisuuksissa 2019-2021 ei ole huomattava arseeni-, barium-, elohopea-, koboltti-, kupari- ja lyijypitoisuuksien osalta, jos mittausepävarmuus otetaan huomioon. Kadmium-, nikkeli- ja uraanipitoisuudet ovat keskimäärin noin puolittuneet. Sinkkipitoisuuksissakin havaittiin hieman laskua. Havaittu laskusuuntainen muutos on ollut karkeasti suurempaa kahdella aluetta lähimmällä havaintopaikalla ja merkityksetöntä kahdella kauimmalla.

3.2 Tulosten tarkastelu

Vuonna 2021 vesisammalista mitatut metallipitoisuudet ovat laskeneet vuonna 2019 havaitun voimakkaan nousun jälkeen sitä enemmän, mitä lähempänä tuotantoaluetta tarkkailupiste sijaitsi. Vuoden 2019 korkeat pitoisuudet näkyivät etenkin Oulujoen vesistössä, johon johdettiin pääosa Terrafamen alueen vesistä. Luontaisilla tekijöillä arvioidaan olleen vaikutusta vuoden 2019 korkeisiin pitoisuuksiin, sillä korkeita pitoisuuksia havaittiin myös Vuoksen vesistössä, johon tuotantoalueen vesiä oli johdettu aiemman havaintovuoden jälkeen suhteellisesti hyvin vähän. Havaintoalueella esiintyy mustaliusketta, jonka on havaittu johtavan korkeampiin metallipitoisuuksiin vesistöissä. Vuoden 2019 korkeille pitoisuuksille ei kuitenkaan löydetty selkeää selittävää tekijää. Luontaisten tekijöiden lisäksi esimerkiksi metallien liukeneminen sedimenteistä, näytteiden käsittelyyn liittyvät tekijät tai juoksutukset ovat voineet vaikuttaa havaittuihin pitoisuuksiin. Useimmiten vuoden 2019 pitoisuudet olivat Oulujoen vesistössä sitä korkeampia, mitä lähempänä Terrafamen aluetta tarkkailupiste sijaitsi.

Terrafamen pintavesien tarkkailussa ei ole havaittu vesisammalissa 2019 havaittuja korkeita pitoisuuksia tukevia seikkoja. Vuosien 2016-2019 aikana Terrafamen pintavesientarkkailussa on havaittu huomattavan korkeita nikkelin pitoisuuksia Salmisen alusvesissä, mutta muutoin vesistöissä on havaittu juoksutusten vähenemisen myötä vedenlaadun paranemista ja haitta-aineiden pitoisuuksien pienenemistä. Vuoksen vesistöalueella on havaittu vuosittain palautumisen merkkejä kipsisakka-altaan vuodon jäljiltä (Ramboll 2017, Ramboll 2018, Ramboll 2019, Ramboll 2020).

Vuonna 2021 havaitut metallipitoisuudet ovat kaikkien tutkittujen metallien osalta keskimäärin korkeampia kuin vuonna 2015 havaitut. Purkuputki otettiin käyttöön vuoden 2015 lopulla, minkä jälkeen suurin osa käsitellyistä vesistä on johdettu purkuputkea pitkin Nuasjärveen ja vain pieni osa vesistöihin, joissa vesisammalten havaintopaikat sijaitsivat. Vuosien 2020-2021 pintavesientarkkailussa on havaittu nouseva trendi mm. nikkeli- ja sulfaattipitoisuuksissa Oulujoen vesistöalueella Kalliojoella ja Tuhkajoessa, vaikka yleisesti vedenlaatu alueella on parantunut. (Eurofins Ahma Oy 2022b). Vesisammaseurantahistorian aikana osalla vesisammalten metallipitoisuuksista trendi vaikuttaisi olevan nouseva (As, Ba, Cd, Co, Cu, Zn) ja osalla laskeva (U).

4. YHTEENVETO

Vesisammalten metallipitoisuuksia tutkittiin vuonna 2021 virtanäkinsammalesta (*Fontinalis dalecarlica*) seitsemältä havaintopaikalta. Näytteeksi otettiin 3-5 tuoreinta vuosikasvainta, joten näytteet kuvastavat sammalten elinolosuhteita noin 3-5 vuoden ajalta. Havaintopaikat sijaitsivat Oulujoen vesistöalueella Kalliojoessa, Tuhkajoessa ja Jormasjoessa sekä Vuoksen vesistöalueella Lumijoessa, Kivijoessa, Laakajoessa ja Nurmijoessa. Kaikki havaintopaikat ovat Terrafamen tuotantoalueen vaikutuspiirissä. Suurin osa juoksuksista vuosina 2020 ja 2021 johdettiin purkuputkea pitkin Oulujoen vesistöön ja vain pieni osa johdettiin vesistöihin, joissa vesisammalten havaintopaikkojen sijaitsevat.

Viitearvoihin nähden suurin osa vesisammalissa havaituista pitoisuuksista on alhaisia tai hyvin alhaisia. Hyvin korkeita ja korkeita pitoisuuksia havaittiin Oulujoen vesistössä kadmiumin, koboltin, lyijyn, nikkelin ja sinkin osalta. Vuoksen vesistössä ei havaittu hyvin korkeita pitoisuuksia. Korkeita pitoisuuksia havaittiin Vuoksen vesistössä koboltin ja nikkelin osalta. Oulujoen vesistöalueella tutkittujen metallien pitoisuudet olivat pääosin korkeimmat lähimpänä Terrafamen aluetta ja pienimmät kauimpana alueesta. Vuoksen vesistöalueella oli enemmän hajontaa havaittujen korkeimpien pitoisuuksien sijoittumisessa.

Vuonna 2021 metallipitoisuudet ovat laskeneet vuoden 2019 poikkeuksellisen korkeista pitoisuuksista. Lasku vuosien 2019-2021 pitoisuuksien välillä oli sitä suurempaa, mitä isompaa nousu oli ollut vuosien 2015-2019 välillä. Vuoden 2019 korkeille pitoisuuksille ei löydetty selkeää syytä, mutta pitoisuuksien taustalla on arvioitu olevan useita tekijöitä. Vesisammalista mitattujen metallipitoisuuksien taustalla voidaan arvioida olevan Terrafamen toiminnan lisäksi luontaiset olosuhteet ja jossain määrin myös näytteiden käsittelyyn liittyvät tekijät. Seurantahistorian aikana osalla metallipitoisuuksista trendi vaikuttaisi olevan nouseva (As, Ba, Cd, Co, Cu, Zn) ja osalla laskeva (U).

VIITTEET

Lähdeluettelo:

Eurofins Ahma Oy 2022a. Vesipäästöjen tarkkailu 2021. Terrafame Oy.

Eurofins Ahma Oy 2022b. Pintavesitarkkailu 2021. Terrafame Oy.

Gustavsson, N., Loukola-Ruskeeniemi, K. and Tenhola, M. 2011. Evaluation of natural geochemical background levels. Geological Survey of Finland, Special Paper 49. 237-246.

Loukola-Ruskeeniemi, K. 1990. Metalliferous black shales — a probable source of mercury in lake Kolmisoppi, Sotkamo, Finland. Bull. Geol. Soc. Finland 62, Part 2, 167—175.

Mäkilä, M., Loukola-Ruskeeniemi, K. and Säävuori, H. 2012. High pre-mining metal concentrations and conductivity in peat around the Talvivaara nickel deposit, eastern Finland. Geological Survey of Finland. Report of Investigation 196. 38 s.

Mäkinen, J. ja Kauppila, T. 2006. Nuasjärven, Jormasjärven ja Kolmisopen geokemialliset ja paleolimnologiset tutkimukset. Geologian tutkimuskeskus. Yksikkö S41/3433/2006/1. Kuopio 24.2.2006. 63 s.

Ramboll Finland Oy 2016. Terrafame Oy Osa VII Sedimentin laatu ja Nuasjärven purkuputken vaikutustarkkailu. Terrafame Oy. Raportti 33 s.

Ramboll Finland Oy 2016. Terrafamen kaivoksen alapuolisten virtavesien vesisammalten metallipitoisuudet vuonna 2015. Terrafame Oy. Raportti 5 s.

Ramboll Finland Oy 2017. Terrafamen kaivoksen tarkkailu vuonna 2016, pintavesien tarkkailu. Raportti 38 s.

Ramboll Finland Oy 2018. Terrafamen kaivoksen tarkkailu vuonna 2017, pintavesien tarkkailu. Raportti 41 s.

Ramboll Finland Oy 2019. Pintavesien biologinen tarkkailu vuonna 2018. Terrafame Oy. Raportti 130 s.

Ramboll Finland Oy 2020. Pintavesien biologinen tarkkailu vuonna 2019. Terrafame Oy. Raportti 49 s.

Vuori, K-M. 2002. SY571 Vesisammal- ja vesiperhosmenetelmät jokivesistöjen haitallisten aineiden riskinarvioinnissa ja seurannassa. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Edita

LIITTEET

LIITE 1. Terrafame Oy, vesisammalten metalliseuranta. Tulokset vuosilta 2013, 2015 , 2019 ja 2021

	Havainto paikka	Arseeni, As mg / kg kp				Barium, Ba mg / kg kp				Elohopea, Hg mg / kg kp				Kadmium, Cd mg / kg kp				Koboltti, Co mg / kg kp			
		2013	2015	2019	2021	2013	2015	2019	2021	2013	2015	2019	2021	2013	2015	2019	2021	2013	2015	2019	2021
Oulujoen vesistöalue	Kalliojoki	0,73	2,3	6,2	1,7	11,4	24	1900	240	0,09	0,083	0,06	0,07	0,2	0,14	18	4,4	2,9	7,7	520	170
	Tuhkajoki	0,61	0,85	2,6	1,3	37	22	550	260	0,13	0,18	0,089	0,12	0,4	0,17	13	4,2	17,1	11	94	65
	Jormasjoki	0,94	1,2	3,4	2,5	55	86	160	130	<0,05	0,096	<0,05	<0,05	3,8	3,9	4,3	3,1	5,5	19	11	9
	K.a.	0,76	1,45	4,07	1,83	34,47	44,00	870,00	210,00	0,11	0,12	0,08	0,10	1,47	1,40	11,77	3,90	8,50	12,57	208,33	81,33
Vuoksen vesistöalue	Lumijoki	1,3	1,5	3,2	1,3	47	250	720	150	0,14	0,089	0,072	0,057	0,22	0,46	0,61	0,3	7,8	47	140	40
	Kivijoki	0,87	1,2	0,87	0,34	140	130	170	100	0,13	0,18	0,065	0,07	0,22	0,24	0,89	0,23	77	31	10	9,5
	Laakajoki	0,84	1,2	2,9	2,5	113	170	630	1300	<0,05	0,13	0,05	<0,05	0,37	0,65	2	1,3	6,9	19	27	58
	Nurmijoki	1,2	1,7	1,5	1,8	151	170	250	230	0,09	0,1	0,075	0,055	0,87	1,3	2,3	1,3	25,8	31	14	19
	K.a.	0,91	1,43	3,09	1,66	73,61	112,00	656,25	327,50	0,12	0,12	0,07	0,08	0,94	1,03	6,61	2,34	18,94	22,28	128,04	56,48
	K.a.	0,93	1,42	2,95	1,63	79,20	121,71	625,71	344,29	0,15	0,12	0,07	0,07	0,87	0,98	5,87	2,12	20,43	23,67	116,57	52,93
	Md	0,87	1,20	2,90	1,70	55,00	130,00	550,00	230,00	0,13	0,10	0,07	0,07	0,37	0,46	2,30	1,30	7,80	19,00	27,00	40,00
	Min	0,61	0,85	0,87	0,34	11,40	22,00	160,00	100,00	0,09	0,08	0,05	0,06	0,20	0,14	0,61	0,23	2,90	7,70	10,00	9,00
	Max	1,30	2,30	6,20	2,50	151,00	250,00	1900,00	1300,00	0,14	0,18	0,09	0,12	3,80	3,90	18,00	4,40	77,00	47,00	520,00	170,00

	Havainto paikka	Kupari, Cu mg / kg kp				Lyijy, Pb mg / kg kp				Nikkeli, Ni mg / kg kp				Sinkki, Zn mg / kg kp				Uraani, U mg / kg kp			
		2013	2015	2019	2021	2013	2015	2019	2021	2013	2015	2019	2021	2013	2015	2019	2021	2013	2015	2019	2021
Oulujoen vesistöalue	Kalliojoki	6,6	8,2	12	11	3,1	13	23	11	27	15	790	260	61	120	1700	480	5,6	2,8	2,4	2
	Tuhkajoki	7,8	7,6	16	9,8	0,98	2,6	2,3	1,6	28	12	390	140	90	85	1200	450	1,5	0,56	0,91	0,57
	Jormasjoki	8,7	9,2	13	9,9	0,44	0,78	1,1	0,99	168	130	300	190	441	360	610	440	0,46	0,43	0,73	0,42
	K.a.	7,70	8,33	13,67	10,23	1,51	5,46	8,80	4,53	74,33	52,33	493,33	196,67	197,33	188,33	1170,00	456,67	2,52	1,26	1,35	1,00
Vuoksen vesistöalue	Lumijoki	8,6	9,4	12	11	5,3	11	5,4	8	45	28	61	34	81	100	200	62	13,6	1,7	1,3	0,65
	Kivijoki	7,3	9	11	7,8	1,5	5,7	2,5	1,5	81	25	120	28	110	60	380	210	6,5	1,2	1,3	0,43
	Laakajoki	4,9	7	7,7	6	2	3,2	6	7	12	22	68	36	83	130	230	240	0,22	0,4	0,42	0,24
	Nurmijoki	7	7,4	7,9	7,9	3,5	6,9	5,2	6,3	21	25	35	21	119	180	160	170	0,37	0,34	0,31	0,24
	K.a.	6,95	8,20	9,65	8,18	3,08	6,70	4,77	5,70	39,75	25,00	71,00	29,75	98,25	117,50	242,50	170,50	5,17	0,91	0,83	0,39
	K.a.	7,27	8,26	11,37	9,06	2,40	6,17	6,50	5,20	54,57	36,71	252,00	101,29	140,71	147,86	640,00	293,14	4,04	1,06	1,05	0,65
	Md	7,30	8,20	12,00	9,80	2,00	5,70	5,20	6,30	28,00	25,00	120,00	36,00	90,00	120,00	380,00	240,00	1,50	0,56	0,91	0,43
	Min	4,90	7,00	7,70	6,00	0,44	0,78	1,10	0,99	12,00	12,00	35,00	21,00	61,00	60,00	160,00	62,00	0,22	0,34	0,31	0,24
	Max	8,70	9,40	16,00	11,00	5,30	13,00	23,00	11,00	168,00	130,00	790,00	260,00	441,00	360,00	1700,00	480,00	13,60	2,80	2,40	2,00



Tutkimustodistus AR-22-RZ-000059-01

Sivu 1/4

Päivämäärä 24.01.2022

Näyte saapui 16.09.2021

Tutkimusnro EUAA56-00090354

Asiakasnro RZ0000612

Näytteenottaja Rautiainen Kari / Eurofins Ahma Oy

Projektinumero 127692

Terrafame Oy (ympäristötarkkailu)

Tutkimuksen yhteyshenkilö Sami Tyrväinen

Analyysitulokset

Talvivaarantie 66

88120 Tuhkakylä

FINLAND

Biologinen tarkkailu, vesisammal

Näyttenumero 750-2021-00073792 750-2021-00074443 750-2021-00074447 750-2021-00074918 750-2021-00074934

Näytteen kuvaus

Näytteenottoaika

Näytteenottopiste

Kenttätestit ja tiedot näytteestä

Lämpötila	YS926	°C	7.8	11.9	11.1	7.0	8.2
(näytteenottajan mittaama)							
Levärunsaus,	YS920		0	0	0	0	0
sililmämäär. havainto							
Kokonaissyvyys (m)	YS918	m	0.30	0.40	0.30	0.40	0.40
Epätavallinen väri tai sameus	YS984		ei	ei	ei	ei	ei

Alkuaineet, kiinteä matriisi, pitoisuus kuiva-ainetta kohti, ICP-MS

Mikroaaltohajotus HNO ₃ RZE25			Tehty	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
Arseeni (As)	RZ0VE	mg/kg ka	1,7	2,5	1,3	1,3	0,34
Barium (Ba)	RZ0VF	mg/kg ka	240	130	260	150	100
Elohopea (Hg)	RZ0VL	mg/kg ka	0,070	<0,050	0,12	0,057	0,070
Kadmium (Cd)	RZ0VM	mg/kg ka	4,4	3,1	4,2	0,30	0,23
Koboltti (Co)	RZ0VN	mg/kg ka	170	9,0	65	40	9,5
Kupari (Cu)	RZ0W1	mg/kg ka	11	9,9	9,8	11	7,8
Lyijy (Pb)	RZ0VH	mg/kg ka	11	0,99	1,6	8,0	1,5
Nikkeli (Ni)	RZ0VI	mg/kg ka	260	190	140	34	28
Sinkki (Zn)	RZ0W6	mg/kg ka	480	440	450	62	210
Uraani (U)	RZ0W8	mg/kg ka	2,0	0,42	0,57	0,65	0,43
Jauhaminen	RZE01		ok	ok	ok	ok	ok
Esikäsittely	RZE11		ok	ok	ok	ok	ok

Näyttenumero 750-2021-00079173 750-2021-00079174

Näytteen kuvaus

Näytteenottoaika

Näytteenottopiste

Kenttätestit ja tiedot näytteestä

Lämpötila	YS926	°C	6.5	6.5
(näytteenottajan mittaama)				
Levärunsaus,	YS920		0	0
sililmämäär. havainto				
Kokonaissyvyys (m)	YS918	m	0.20	0.40

Eurofins Environment Testing Finland Oy

Niemenkatu 73

15140 Lahti

FINLAND

+35 840 356 7895

ask@eurofins.fi

www.eurofins.fi

Y-tunnus: 2752292-5



Tutkimustodistus AR-22-RZ-000059-01

Sivu 2/4

Päivämäärä 24.01.2022

Näyte saapui 16.09.2021

Näyttenumero 750-2021-00079173 750-2021-00079174

Näytteen kuvaus

Näytteenottoaika

Näytteenottopiste

Kokonaissyvyys (m)	YS918	m	Biologiset materiaalit	Biologiset materiaalit
Epätavallinen väri tai sameus	YS984		30.09.2021 13:00	30.09.2021 10:30
			Laakajoki, Multa-Väärä	Nurmijoki, Haapakoski
			0.20	0.40
			ei	ei

Alkuaineet, kiinteä matriisi, pitoisuus kuiva-ainetta kohti, ICP-MS

Mikroaaltohajotus HNO3RZE25			Tehty	Tehty
Arseeni (As)	RZ0VE	mg/kg ka	2,5	1,8
Barium (Ba)	RZ0VF	mg/kg ka	1300	230
Elohopea (Hg)	RZ0VL	mg/kg ka	<0,050	0,055
Kadmium (Cd)	RZ0VM	mg/kg ka	1,3	1,3
Koboltti (Co)	RZ0VN	mg/kg ka	58	19
Kupari (Cu)	RZ0W1	mg/kg ka	6,0	7,9
Lyijy (Pb)	RZ0VH	mg/kg ka	7,0	6,3
Nikkeli (Ni)	RZ0VI	mg/kg ka	36	21
Sinkki (Zn)	RZ0W6	mg/kg ka	240	170
Uraani (U)	RZ0W8	mg/kg ka	0,24	0,24
Jauhaminen	RZE01		ok	ok
Esikäsittely	RZE11		ok	ok



Menetelmätiedot

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäjä	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
Kenttätestit ja tiedot näytteestä						
YS926	Lämpötila (näytteenottajan mittaama)			Ei	Kenttämittaus, Lämpötilan mittaaminen	YS
YS920	Levärunsautus, silmämäär. havainto			Ei	Kenttämittaus, Organoleptinen	YS
YS918	Kokonaissyvyys (m)			Ei		YS
YS984	Epätavallinen väri tai sameus			Ei		YS
Alkuaineet, kiinteä matriisi, pitoisuus kuiva-ainetta kohti, ICP-MS						
RZE25	Mikroaaltohoito HNO ₃			Ei	SFS-EN 16173	RZ
RZ0VE	Arseeni (As), 7440-38-2	25%	1	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0VF	Barium (Ba), 7440-39-3	20%	1	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0VL	Elohopea (Hg), 7439-97-6	25%	0.1	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0VM	Kadmium (Cd), 7440-43-9	25%	0.2	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0VN	Koboltti (Co), 7440-48-4	20%	1	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0W1	Kupari (Cu), 7440-50-8	25%	5	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0VH	Lyijy (Pb), 7439-92-1	25%	1	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0VI	Nikkeli (Ni), 7440-02-0	25%	2	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0W6	Sinkki (Zn), 7440-66-6	25%	5	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZ0W8	Uraani (U), 7440-61-1	20%	1	Ei	SFS-EN 16171	RZ
RZE01	Jauhaminen			Ei	Sis. men., Jauhaminen	RZ
RZE11	Esikäsittely			Ei	Sis. men. EF3019, Esikäsittely	RZ

Laboratorio

RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	(Ei akkreditoitu)
YS	Eurofins Ahma (Rovaniemi)	(Ei akkreditoitu)

Jakelu : elina.salmela@terrafame.fi, laurakemppainen@eurofins.fi, Laura-Maria.Tervonen@terrafame.fi, mari.malinen@terrafame.fi, Veli-Matti.Hilla@terrafame.fi

ALLEKIRJOITUS



Sami Tyrväinen +358 50 434 4092
Analyyssipalvelupäällikkö SamiTyrvainen@eurofins.fi

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

Eurofins Environment Testing Finland Oy

Niemenkatu 73
15140 Lahti
FINLAND

+35 840 356 7895
ask@eurofins.fi
www.eurofins.fi

Y-tunnus: 2752292-5



Tutkimustodistus AR-22-RZ-000059-01

Sivu 4/4

Päivämäärä 24.01.2022

Näyte saapui 16.09.2021

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

Lisätietoja

Osa alkuainetuloksista (As, Hg, Pb ja U) on ilmoitettu alle normaalin ilmoitusrajan.

Huomautukset

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.