

Vastaanottaja

**Terrafame Oy**

Asiakirjatyyppi

**Raportti**

Päivämäärä

**22.4.2016**

Viite

**1510016678-009**

Osaprojekti

**Biologinen tarkkailu pintavesissä**

# **TERRAFAME OY**

## **OSA VI: PINTAVESIEN BIOLOGI- NEN TARKKAILU VUONNA 2015 VESISAMMALTEN METALLIPITOI- SUUDET**

TERRAFAME OY  
OSA VI TERRAFAMEN KAIVOKSEN ALAPUOLISTEN  
VIRTAVESIEN VESISAMMALTEN  
METALLIPITOISUUDET VUONNA 2015

Päivämäärä 22/04/2016  
Laatija Salla Koukka  
Tarkastaja Anna Hakala

Kuvaus Raportti vesisammalten metallipitoisuuksien tarkkailusta

Viite 1510016678-009

## SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	1
2.	TARKKAILU	1
2.1	Näytteenotto ja esikäsittely	1
2.2	Analyysit	2
2.3	Tulokset ja tulosten tarkastelu	3
3.	YHTEENVETO	4
4.	LÄHTEET	5

## LIITTEET

### Liite 1

Havaintopistekartta

### Liite 2

Laboratorion tutkimustodistus

## 1. JOHDANTO

Terrafamen kaivoksen alapuolisista virtavesistöistä tutkitaan määrääjoin metallipitoisuuksia vesisammalista osana kaivosalueen alapuolisten vesistöjen biologista tarkkailua. Vesisammalten metallipitoisuuksien määrittäminen on aloitettu vuonna 2013.

Tässä raportissa kuvataan vesisammalten metallipitoisuuksien tutkimus vuodelta 2015. Määrittäykset tehtiin 18.10.2013 päivätyn ja 27.6.2014 täydennetyin kaivoksen tarkkailusuunnitelman mukaisesti. Jatkossa pitoisuuksia tutkitaan kolmen vuoden välein, seuraavan kerran vuonna 2018.

## 2. TARKKAILU

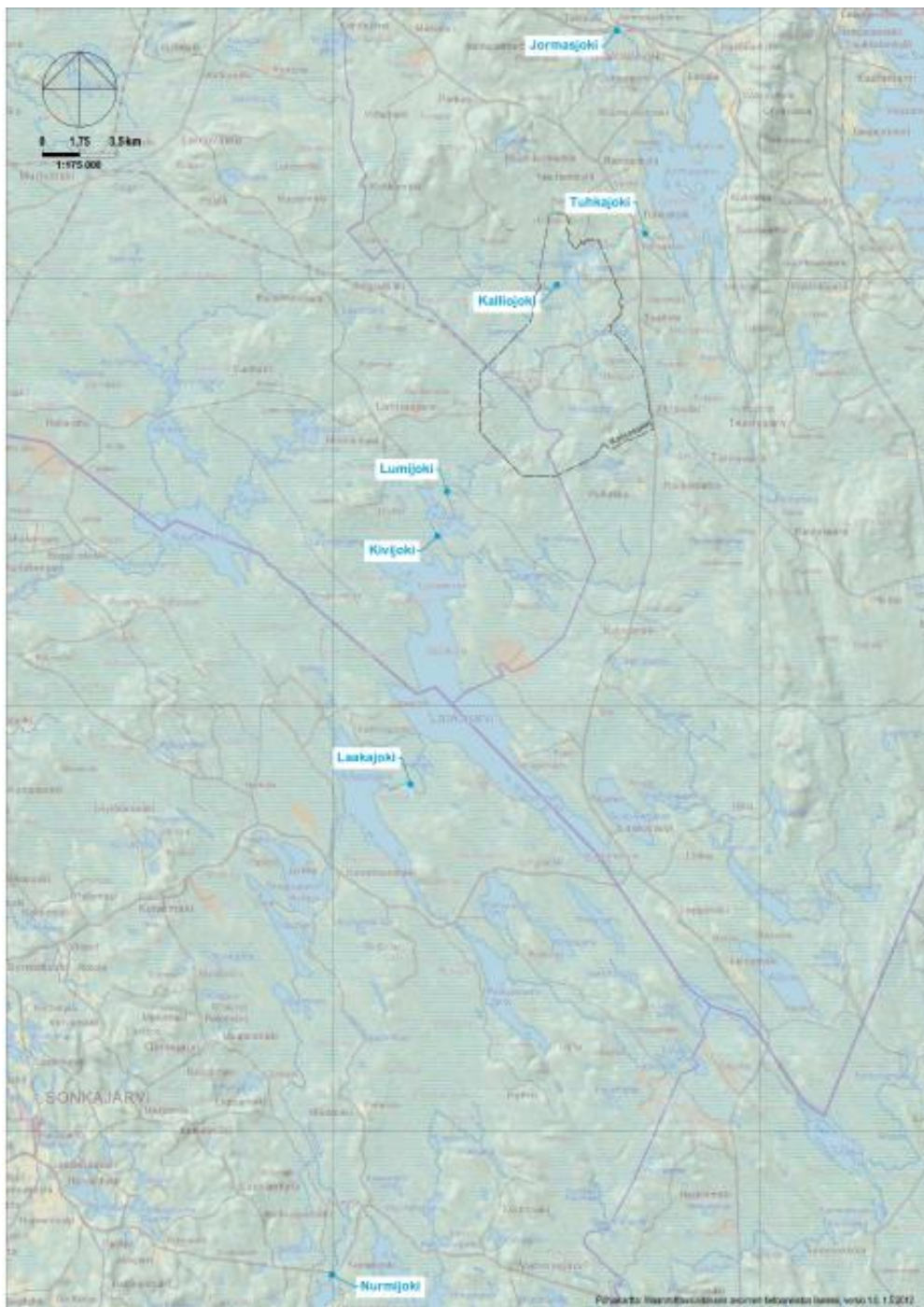
### 2.1 Näytteenotto ja esikäsittely

Vesisammalten metallipitoisuuksien määrittämistä varten kerättiin kokoomanäytteet 9.–11.9. 2015 tarkkailuohjelman mukaisesti seitsemältä havaintopaikalta: Kalliojoki, Tuhkajoki, Jormasjoki, Lumijoki, Kivijoki, Laakajoen Multa-Väärä ja Nurmijoki. Tiedot havaintopaikoista on koottu taulukkoon 1 ja havaintopaikkojen sijainti on esitetty kartalla kuvassa 1 ja liitteessä 1.

Taulukko 1. Vesisammalten näytteenottopaikat

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

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



Kuva 1. Vesialueen biologisen tarkkailun havaintopisteet kartalla.

## 2.2 Analyysit

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

Kokoomannäytteistä analysoitiin arseeni-, barium-, elohopea-, kadmium-, koboltti-, kupari-, nikeli-, lyijy-, sinkki- ja uraanipitoisuudet Ramboll Analytics Oy:n akkreditoidussa ympäristölaboratoriossa.

## 2.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Vesisammalnäytteiden metallipitoisuudet olivat useimpien metallien osalta korkeimpia Jormasjoessa (kadmium, nikkeli ja sinkki) ja Lumijoessa (barium, koboltti ja kupari). Tarkkailuvuoden tulokset on koottu taulukkoon 2. Taulukossa 2 tulosten värikoodaus on esitetty kirjallisuudesta saatavien viitearvojen mukaisesti (taulukko 3). Vesisammalten barium- ja uraanipitoisuuksille ei kirjallisuudesta löydy viitearvoja.

Taulukko 2. Vesisammalnäytteiden metallipitoisuudet (mg/kg ka) vuonna 2015.

Havaintopaikka	As	Ba	Hg	Cd	Co	Cu	Pb	Ni	Zn	U
<b>Oulujoen vesistöalue</b>										
Kalliojoki	2,3	24	0,083	0,14	7,7	8,2	13	15	120	2,8
Tuhkajoki	0,85	22	0,18	0,17	11	7,6	2,6	12	85	0,56
Jormasjoki	1,2	86	0,096	3,9	19	9,2	0,78	130	360	0,43
<b>Vuoksen vesistöalue</b>										
Lumijoki	1,5	250	0,089	0,46	47	9,4	11	28	100	1,7
Kivijoki	1,2	130	0,18	0,24	31	9	5,7	25	60	1,2
Laakajoki	1,2	170	0,13	0,65	19	7	3,2	22	130	0,4
Nurmijoki	1,7	170	0,1	1,3	31	7,4	6,9	25	180	0,34

Taulukko 3. Ruotsin ympäristöviranomaisten ehdottamat viitteelliset ohjearvot vesisammalten metallipitoisuuksista sekä vastaavat ohjearvot suomalaisen aineiston perusteella. Pitoisuudet mg/kg kuivapainoa verson 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

Verrattaessa tarkkailutuloksia kirjallisuudesta saataviin viitearvoihin voidaan todeta, että arseeni- ja kuparipitoisuudet olivat Kalliojoen kohonnutta arseenipitoisuutta lukuun ottamatta alhaiset. Nikkelpitoisuus puolestaan oli Jormasjoessa korkea ja muilla havaintopaikoilla kohtalaisen korkea. Lyijypitoisuudet olivat korkeat lähinnä kaivospiiriä sijaitsevilla havaintopaikoilla Kalliojoessa ja Lumijoessa. Kobolttipitoisuudet olivat korkeita kalliopiirin eteläpuoleisessa vesistössä.

Tarkkailuvuosien 2013 ja 2015 tulokset Oulujoen suunnalla sijaitsevien havaintopaikkojen osalta on koottu taulukkoon 3 ja Vuoksen suunnalla sijaitsevien havaintopaikkojen osalta taulukkoon 4. Aikaisempiin tutkimustuloksiin verrattuna Kalliojoen havaintopaikalla vesisammaleiden arseeni-, barium-, koboltti-, kupari-, lyijy- ja sinkkipitoisuudet olivat kohonneet. Kadmiumin, nikkelin ja uraanin havaitut pitoisuudet olivat puolestaan laskeneet.

Tuhkajoen havaintopaikalla elohopea- ja lyijypitoisuudet olivat nousseet ja barium-, kadmium-, koboltti-, nikkeli sekä uraanipitoisuudet olivat laskeneet. Jormasjoella arseenin, bariumin, elohopean, kobolttin ja lyijyn pitoisuudet olivat nousseet ja nikkelin ja sinkin pitoisuudet laskeneet. Aineiston perusteella on todettavissa, että etenkin kadmiumin, nikkelin ja sinkin, mutta myös bariumin pitoisuudet ovat selvästi korkeimmat Jormasjoella verrattuna Kalliojoen ja Tuhkajoen havaintuihin pitoisuuksiin.

Taulukko 3. Vesisammalnäytteiden metallipitoisuudet (mg/kg ka) kaivosalueelta Oulujoen suuntaan vuosina 2013 ja 2015. Vuoden 2013 tulosten lähde: Kari, Sauvola & Virta 2014.

Havaintopaikka	As	Ba	Hg	Cd	Co	Cu	Pb	Ni	Zn	U
Kalliojoki 2013	0,73	11,4	0,09	0,20	2,9	6,6	3,1	27	61	5,6
Kalliojoki 2015	2,3	24	0,083	0,14	7,7	8,2	13	15	120	2,8
Tuhkajoki 2013	0,61	37	0,13	0,40	17,1	7,8	0,98	28	90	1,5
Tuhkajoki 2015	0,85	22	0,18	0,17	11	7,6	2,6	12	85	0,56
Jormasjoki 2013	0,94	55	<0,05	3,8	5,5	8,7	0,44	168	441	0,46
Jormasjoki 2015	1,2	86	0,096	3,9	19	9,2	0,78	130	360	0,43

Vuoksen suunnalla Lumijoen havaintopaikalla vesisammaleiden barium-, kadmium-, koboltti-, kupari-, lyijy- ja sinkkipitoisuudet olivat kohonneet vuoden 2013 tuloksiin verrattuna. Vastaavasti elohopean, nikkelin ja uraanin pitoisuudet olivat laskeneet. Kivijoen havaintopaikalla arseenin ja lyijyn pitoisuudet olivat nousseet ja koboltin, nikkelin, sinkin ja uraanin pitoisuudet olivat laskeneet. Laakajoella ja Nurmijoella kaikkien tutkittujen alkuaineiden pitoisuudet olivat nousseet.

Lumijoen havaintopaikan pitoisuustasot olivat pääosin alapuolisen vesistön korkeimmat. Arseenin, kadmiumin ja sinkin osalta pitoisuudet olivat korkeimmat vesistön alimmalla havaintopaikalla Nurmijoessa.

Taulukko 4. Vesisammalnäytteiden metallipitoisuudet (mg/kg ka) kaivosalueelta Vuoksen suuntaan vuosina 2013 ja 2015. Vuoden 2013 tulosten lähde: Kari, Sauvola & Virta 2014.

Havaintopaikka	As	Ba	Hg	Cd	Co	Cu	Pb	Ni	Zn	U
Lumijoki 2013	1,3	47	0,14	0,22	7,8	8,6	5,3	45	81	13,6
Lumijoki 2015	1,5	250	0,089	0,46	47	9,4	11	28	100	1,7
Kivijoki 2013	0,87	140	0,13	0,22	77	7,3	1,5	81	110	6,5
Kivijoki 2015	1,2	130	0,18	0,24	31	9	5,7	25	60	1,2
Laakajoki 2013	0,84	113	<0,05	0,37	6,9	4,9	2,0	12	83	0,22
Laakajoki 2015	1,2	170	0,13	0,65	19	7	3,2	22	130	0,4
Nurmijoki 2013	1,2	151	0,09	0,87	25,8	7,0	3,5	21	119	0,37
Nurmijoki 2015	1,7	170	0,1	1,3	31	7,4	6,9	25	180	0,34

Kaikilla havaintopisteillä vesisammalten arseenin ja lyijyn pitoisuudet olivat nousseet tarkkailuvuosien 2013 ja 2015 välillä. Kadmiumpitoisuus oli laskenut Oulujoen vesistöalueella, mutta noussut Vuoksen vesistöalueella. Nikkeli- ja uraanipitoisuudet olivat laskeneet Vuoksen vesistöalueen alimpia pisteitä (Laakajoki ja nurmijoki) lukuun ottamatta.

### 3. YHTEENVETO

Vesisammalten metallipitoisuuksia tutkittiin vuonna 2015 virtanäkingsammalesta (*Fontinalis dalecarlica*) seitsemältä havaintopaikalta. Havaintopaikat sijaitsivat Oulujoen vesistöalueella Kalliojoessa, Tuhkajoessa ja Jormasjoessa sekä Vuoksen vesistöalueella Lumijoessa, Kivijoessa, Laakajoessa ja Nurmijoessa.

Verrattaessa tarkkailutuloksia kirjallisuudesta saataviin viitearvoihin voidaan todeta, että arseenin ja kuparipitoisuudet olivat Kalliojoen kohonneita arseenipitoisuutta lukuun ottamatta alhaiset. Nikkelipitoisuus puolestaan oli Jormasjoessa korkea ja muillakin havaintopaikoilla koholla. Lyijypitoisuudet olivat korkeat lähinnä kaivospiiriä sijaitsevilla havaintopaikoilla Kalliojoessa ja Lumijoessa. Kobolttipitoisuudet olivat korkeita kalliopiirin eteläpuoleisessa vesistössä.

Oulujoen suunnalla metallipitoisuudet olivat pääosin korkeimmat alimmalla, kaivospiiristä kauimpana sijaitsevalla havaintopaikalla Jormasjoessa. Vuoksen suunnalla puolestaan metallipitoisuudet olivat pääosin korkeimmat kaivospiiriä lähinnä sijaitsevalla havaintopaikalla Lumijoessa. Vuoksen suunnalla muita havaintopisteitä korkeampia arseeni-, kadmium- ja sinkkipitoisuuksia todettiin myös alimmalla havaintopaikalla Nurmijoessa.

Talvivaaran mustaliuskealueilla on useissa tutkimuksissa (Gustavsson ym. 2011, Loukola-Ruskeeniemi ym. 1990, Mäkilä ym. 2012, Mäkinen ja Kauppila 2006), todettu olevan mm. turpeessa, puro- ja järvisedimenteissä, kaloissa ja purovesissä muuta aluetta korkeampia raskasmetallipitoisuuksia. Vesisammalien kohonneissa pitoisuuksissa on nähtävissä kallio- ja maaperän sekä alueellisen maankäytön yhteisvaikutus. Terrafamen kaivostoiminnan vaikutuksen osuutta ei voida yksilöidä. Vesisammalien tarkkailupisteiden seurantahistoria on lyhyt luotettavien johtopäätösten tekemiseksi.

Lahdessa 22. päivänä huhtikuuta 2016

RAMBOLL FINLAND OY

## 4. LÄHTEET

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

Kari, A., Sauvola, T., Virta, P. 2014. Talvivaara Sotkamo Oy. Talvivaaran kaivoksen tarkkailu v. 2013. Osa IVb\_4 Vesisammalten metallipitoisuudet. Pöyry Finland Oy 2014, Oulu. 5 s. + 6 liites.

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.

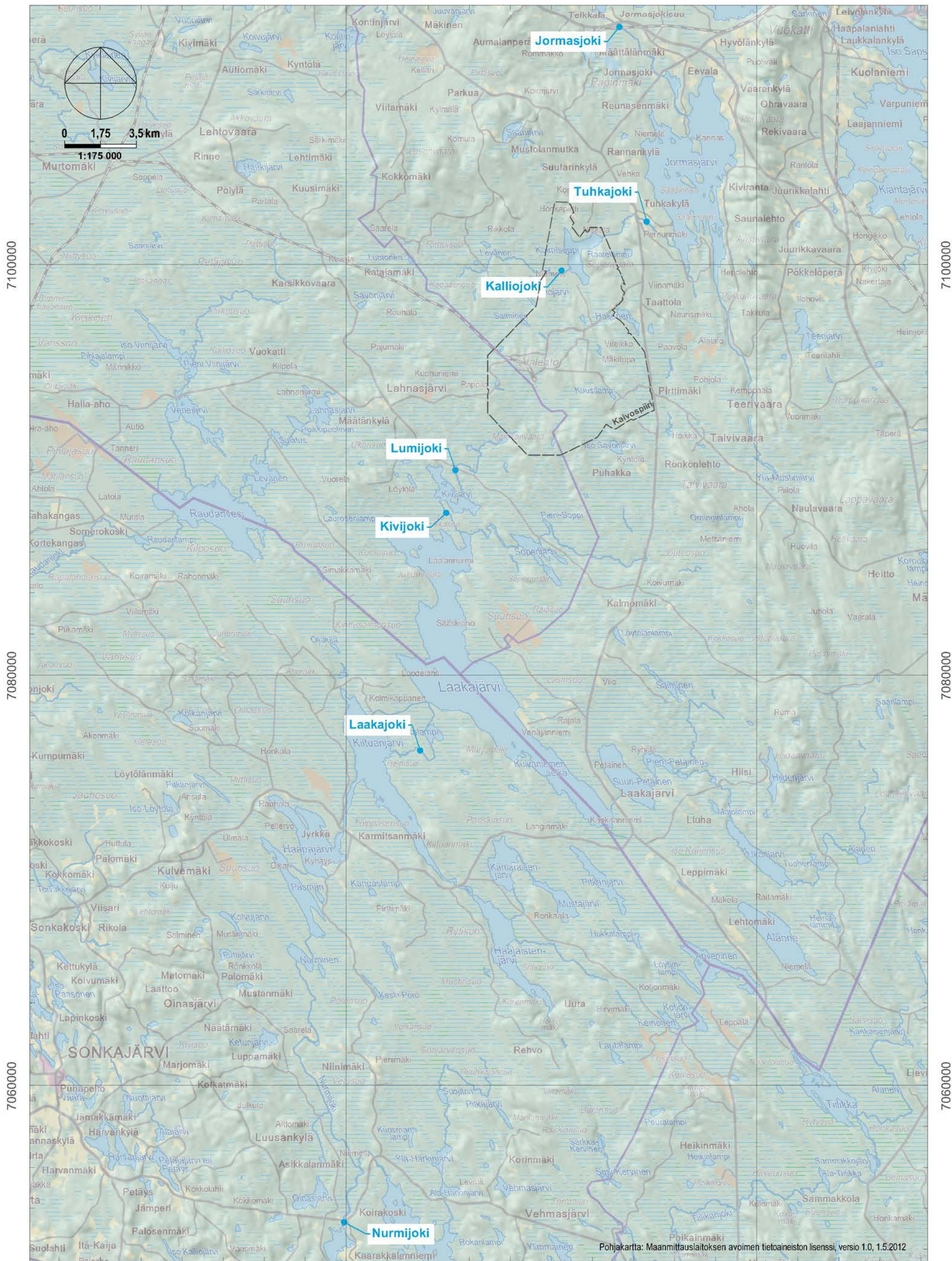
Vuori, K-M. 2002. SY571 Vesisammal- ja vesiperhosmenetelmät jokivesistöjen haitallisten aineiden riskinarvioinnissa ja seurannassa. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Edita.



LIITE 1  
HAVAINTOPISTEKARTTA

540000

560000



Pohjakartta: Maanmittauslaitoksen avoimen tietaineiston lisenssi, versio 1.0, 1.5.2012

540000

560000

LIITE 2  
LABORATORION TUTKIMUSTODISTUS

Terrafame Oy

Talvivaarantie 66  
88120 TUHKAKYLÄ

Tutkimuksen nimi: Terrafame Oy, vesisammalten metallipitoisuus, syyskuu 2015

Näytteenottopvm:

Näyte saapui: 15.9.2015

Näytteenottaja:

Analysointi aloitettu: 15.9.2015

## Tutkimustulokset

						<b>Yksikkö</b>	<b>Menetelmä</b>	
Näytteenottopisteet	Jormas- joki 11.9.15	Laakajo- ki, Mul- ta-Vää- rä 9.9.15	Lumijoki 10.9.15	Kalliojo- kisuu 10.9.15	Tuhkajo- ki 10.9.15			
Näytenumero	15SS 01819	15SS 01820	15SS 01821	15SS 01822	15SS 01823			
<b>MÄÄRITYKSET</b>								
Esikäsittely, mikroaaltohajotus, typpihappo	ok	ok	ok	ok	ok		RA3010	L
Metallit 1	ok	ok	ok	ok	ok			L
Arseeni (As)	1,2	1,2	1,5	2,3	0,85	mg/kg ka	RA3000	L
Barium (Ba)	86	170	250	24	22	mg/kg ka	RA3000	L
Elohopea (Hg)	0,096	0,13	0,089	0,083	0,18	mg/kg ka	RA3000	L
Kadmium (Cd)	3,9	0,65	0,46	0,14	0,17	mg/kg ka	RA3000	L
Koboltti (Co)	19	19	47	7,7	11	mg/kg ka	RA3000	L
Kupari (Cu)	9,2	7,0	9,4	8,2	7,6	mg/kg ka	RA3000	L
Lyijy (Pb)	0,78	3,2	11	13	2,6	mg/kg ka	RA3000	L
Nikkeli (Ni)	130	22	28	15	12	mg/kg ka	RA3000	L
Sinkki (Zn)	360	130	100	120	85	mg/kg ka	RA3000	L
Uraani (U)	0,43	0,40	1,7	2,8	0,56	mg/kg ka	RA3000	L

## Tutkimustulokset

						<b>Yksikkö</b>	<b>Menetelmä</b>	
Näytteenottopisteet	Kivijoki, Kivikos- ki 10.9.15							
Näytenumero	15SS 01825							
<b>MÄÄRITYKSET</b>								
Esikäsittely, mikroaaltohajotus, typpihappo	ok						RA3010	L
Metallit 1	ok							L
Arseeni (As)	1,2					mg/kg ka	RA3000	L
Barium (Ba)	130					mg/kg ka	RA3000	L
Elohopea (Hg)	0,18					mg/kg ka	RA3000	L
Kadmium (Cd)	0,24					mg/kg ka	RA3000	L
Koboltti (Co)	31					mg/kg ka	RA3000	L

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

2/2

Projekti: 1510016678-010/5

	15SS 01825	<b>Yksikkö</b>	<b>Menetelmä</b>	
Kupari (Cu)	9,0	mg/kg ka	RA3000	L
Lyijy (Pb)	5,7	mg/kg ka	RA3000	L
Nikkeli (Ni)	25	mg/kg ka	RA3000	L
Sinkki (Zn)	60	mg/kg ka	RA3000	L
Uraani (U)	1,2	mg/kg ka	RA3000	L

**Ramboll Analytics**

Sami Tyrväinen

FM, kemisti, +358 50 434 4092

**Lisätiedot** Kokoomannäyte (vesisammal) kuivattiin vakiopainoon (40 °C). Kuivattu näyte homogenisoitiin ja hajotettiin mikroaaltomärkäpolttolaitteistolla väkevässä typpihapossa. Alkuainepitoisuudet määritettiin ICP-MS -tekniikalla perustuen SFS-EN ISO 17294-2 standardiin.

**Laboratoriot** L Analysoitu Lahdessa

**Jakelu** katariina.koikkalainen@ramboll.fi; jarno.lappalainen@ramboll.fi

# Tutkimustodistus

1/2

Projekti: 1510016678-010/6

Terrafame Oy

Talvivaarantie 66  
88120 TUHKAKYLÄ

Tutkimuksen nimi:	Terrafame Oy, vesisammalten metallipitoisuus, syyskuu 2015		
	Näytteenottopvm:		
	Näyte saapui:	15.9.2015	
Näytteenottaja:	Analysointi aloitettu:	15.9.2015	

## Tutkimustulokset

			Yksikkö	Menetelmä	
Näytteenottpisteet	Nurmi- joki, Haapa- koski 9.9.15	Nurmi- joki, Koi- rakoski 9.9.15			
Näyttenumero	15SS 01818	15SS 01824			
<b>MÄÄRITYKSET</b>					
Esikäsittely, mikroaaltohajotus, typpihappo	ok	ok		RA3010	L
Metallit 1	ok	ok			L
Arseeni (As)	1,7	1,2	mg/kg ka	RA3000	L
Barium (Ba)	170	90	mg/kg ka	RA3000	L
Elohopea (Hg)	0,10	0,082	mg/kg ka	RA3000	L
Kadmium (Cd)	1,3	0,59	mg/kg ka	RA3000	L
Koboltti (Co)	31	24	mg/kg ka	RA3000	L
Kupari (Cu)	7,4	7,7	mg/kg ka	RA3000	L
Lyijy (Pb)	6,9	4,3	mg/kg ka	RA3000	L
Nikkeli (Ni)	25	14	mg/kg ka	RA3000	L
Sinkki (Zn)	180	200	mg/kg ka	RA3000	L
Uraani (U)	0,34	0,18	mg/kg ka	RA3000	L

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

# Tutkimustodistus

Projekti: 1510016678-010/6

## Ramboll Analytics



Sami Tyrväinen

FM, kemisti, +358 50 434 4092

**Lisätiedot** Kokoomannäyte (vesisammal) kuivattiin vakiopainoon (40 °C). Kuivattu näyte homogenisoitiin ja hajotettiin mikroaaltomärkäpolttolaitteistolla väkevässä typpihapossa. Alkuainepitoisuudet määritettiin ICP-MS -tekniikalla perustuen SFS-EN ISO 17294-2 standardiin.

**Laboratoriot** L Analysoitu Lahdessa

**Jakelu** katarina.koikkalainen@ramboll.fi; jarno.lappalainen@ramboll.fi