

Happamien sulfaattimaiden vesistövaikutusten seuranta vuosina 2009-2011

Tino Hovinen, Anna Karjalainen, Matti Leppänen, Jaakko Mannio, Petri Nieminen, Katri Siimes, Anita Vuorenmaa, Kari-Matti Vuori

Suomen ympäristökeskus, 3.8. 2012

TIIVISTELMÄ

Maa- ja Metsätalousministerön rahoittamassa maa- ja metsätalouden kuormituksen ja sen vesistövaikutusten seurantaohjelman (MaaMet) happamien sulfaattimaiden valumavesien osahankkeessa on tutkittu metallipitoisuuksia Pohjanmaan rannikkoalueen joissa ja niiden suistoissa (Siikajoki-Luohuanjoki, Kyrönjoki-Lehmäjoki ja Maalahdenjoki) vuosina 2009-2011.

- Näytepisteiden alhaisimmat pH arvot olivat keväällä ja syksyllä, virtaaman ollessa korkea. Alhaisimmat pH mittaukset olivat jokipisteissä Lehmäjoella ja Maalahdenjoen alajuoksulla (laatuluokka huono) ja suistoissa Maalahdenjoen pisteissä Stensjärslinjen 2 ja 3.
- Maalahden-, Kyrön- ja Lehmäjoella kadmiumpitoisuus ylitti kaikissa pisteissä vähintään kerran jokien ympäristölaatu normin vuosikeskiarvon (0.1 µg/l), lukuun ottamatta Kyrönjoen yläpuolista näytepistettä. Maalahdenjoen alajuoksulla syksyllä 2010 kadmiumpitoisuus ylitti suurimman sallitun pitoisuusrajan (0.45 µg/l). Suistokohteet eivät ylittäneet rannikon ympäristölaatu normirajaa (0.22 µg/l).
- Nikkelin osalta ympäristölaatu normi (0.21 µg/l) ylittyi jokikohteissa Maalahdenjoen alajuoksulla ja Lehmäjoella koko seurantajakson ajan ja Maalahdenjoen suistokohteessa Stensjärslinjen 2 vuosina 2010 ja 2011.
- Suurin osa seurannan metalleista (Al, As, Cd, Co, Cr, Ni, Zn & Mn) noudatti vuodenaikaisvaihtelua, missä metallipitoisuudet olivat korkeimmillaan suurimman virtauksen aikana eli keväällä ja syksyllä. Tämän kaltaisesta normaalista kausivaihtelusta erosi selvästi lyijy- ja rautapitoisuus.
- Keskimäärin metallipitoisuudet nousivat ja pH laski näytepisteissä hieman seurantajakson aikana, mutta, tarkempi analyysi vaatisi useamman vuoden metalliseurannan sekä virtaamatarkastelun.

Seurannan tulosten perusteella happamat sulfaattimaat aiheuttavat säännöllisesti jokivesien happamoitumisen ja metallipitoisuuksien kohoamisen, joka aiheuttaa selkeän uhan jokien ekosysteemeille ja vaikuttaa alentavasti niiden vedenlaatuluokitukseen.



CATERMASS

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	1
1. JOHDANTO	3
2. SEURANNAN TOTEUTUS JA TULOKSET 2009 – 2011	4
2.1 Veden pH-vaihtelu	8
2.2 Metallipitoisuuksien vaihtelu	11
2.2.1 Kadmium	11
2.2.1 Muut metallit	15
KIRJALLISUUS	17
LIITTEET	17
1. Alumiinipitoisuus joki- ja suistokohteissa	18
2. Kobolttipitoisuus joki- ja suistokohteissa	20
3. Mangaanipitoisuus joki- ja suistokohteissa	22
4. Nikkelipitoisuus joki- ja suistokohteissa	24
5. Sinkkipitoisuus joki- ja suistokohteissa	26
6. Kromipitoisuus joki- ja suistokohteissa	28
7. Lyijypitoisuus joki- ja suistokohteissa	30
8. Arseenipitoisuus joki- ja suistokohteissa	32
9. Rautapitoisuus joki- ja suistokohteissa	34

1. JOHDANTO

Maa- ja metsätalouden kuormituksen ja sen vesistövaikutusten seurantaohjelmassa (MaaMet) aloitettiin vuonna 2009 Maa- ja metsätalousministeriön rahoituksella erillisessä osahankkeessa happamien sulfaattimaiden vesistövaikutusten seuranta. Seurannan tavoitteena oli tuottaa nykyistä täsmällisempää tietoa happamien ja metallipitoisten valumavesien vesistöhaittojen esiintymisestä ja vaihtelusta.

Happamien sulfaattimaiden metalli- ja happamuuskuormitus on eräs ongelmallisimmista vesien ekologista ja kemiallista tilaa heikentävistä tekijöistä Suomessa. Viime aikoina ongelmaan on kiinnitetty erityistä huomiota ja vesistöhaittojen torjumiseksi on käynnissä valtakunnallinen strategiatyö sekä laaja EU:n LIFE+-hanke (www.ymparisto.fi/syke/catermass).

MMM:n rahoituksella käynnistetyn seurannan tarkoituksena on tuottaa vuosittain tietoa metallien pitoisuusvaihtelusta sekä happamuushaittojen esiintymisestä. Pitkällä tähtäimellä vuosittain toistettavalla intensiiviseurannalla voidaan arvioida kuormituksen torjuntatoimenpiteiden vaikuttavuutta. Seurannan toteutus jakautui kahden eri MaaMet-osaohjelman kesken: Haitalliset aineet ja sisävesien biologinen seuranta. Tässä raportissa keskitytään ensin mainitun osaohjelman tuloksiin, jotka sisältävät vedenlaadun intensiiviseurannan vuosina 2009-2011. Samoissa kohteissa on toteutettu myös biologista seuranta (koskipohjaeläimet ja piilevät).

Seurantapaikkojen valinnassa käytettiin seuraavia kriteereitä: a) hyvä tausta-aineisto yleisestä vedenlaadusta ja biologisista vaikutuksista, b) vesienhoidon tärkeitä toimenpidekohteita, c) muodostavat metallien kulkeutumisen ja vaikutusten jatkumon jokiuomista mereen, d) edustavat gradienttia hyvin voimakkaasta kohtalaiseen kuormitukseen.

Näiden kriteereiden perusteella seurantaan valikoituivat taulukon 1 ja kuvan 1 mukaisesti (1) Siikajoki sekä siihen yhtyvä Luohuanjoki, (2) Kyrönjoki suistoineen sekä Kyrönjokeen yhtyvä Lehmäjoki ja (3) Maalahdenjoki sekä Maalahdenjoen suistoalue. Siikajoen suistosta oli muita suistokohteita vähemmän havaintoja, joten ne poistettiin tästä tarkastelusta. Vedenlaatusuurannan näytteenoton toteutuksesta vastasivat pääosin Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskukset sekä pienimuotoisesti myös Suomen ympäristökeskus, Oulun yliopisto ja Nab Labs Oy Oulu.

Taulukko 1. Seurantapaikat jokivesistöittäin.

Siikajoki - Luohuanjoki

Luohuanjoki Mikkolan s

Siikajoki 86-tien silta (Luohuanjoen yläpuolella)

Siikajoki 8-tien s 11600 (Luohuanjoen alapuolella)

Kyrönjoki - Lehmäjoki

Lehmäj.Isokyrö-Vöyri mts (Lehmäjoki)

Ylipään silta (Kyrönjokea, Lehmäjoen yläpuolella)

Palhojainen (Kyrönjokea, Lehmäjoen alapuolella)

Vassor M 1 (suisto, lähimpänä joen suuta)

Tottesund (suisto)

Pudimofjärden (suisto)

Maalahdenjoki

Långå Sågkvarnsfors

Kasfors bro (Maalahdenjoen alajuoksu)

Stenskärslinjen 2 (suisto, lähimpänä joen suuta)

Stenskärslinjen 3 (suisto)

Svartö hålet (suisto)

2. SEURANNAN TOTEUTUS JA TULOKSET 2009 – 2011

Fysikaalis-kemiallisten muuttujien seurantajakso ajoittui vuosittain pääasiassa maaliskokuusta marras-joulukuuhun. Tästä poikkesivat Pudimofjärden, jossa seuranta aloitettiin vuosittain helmikuussa sekä Siikajoen alajuoksu ja Tottesund, joissa seuranta aloitettiin vuosittain tammikuussa (ts. ympärivuotinen seuranta). Näytteenotokertojen määrä (n) vaihteli paikasta ja muuttujasta riippuen enimmäkseen 9–19 välillä per vuosi. Tottesundilla oli muutaman muuttujan kohdalla vuosittain 40–45 havaintoa. Seurantapaikoilta määritettiin pH, asiditeetti, alkaliniteetti, kiintoaine, sameus sekä väriluku (Taulukko 2). Asiditeetti mitattiin Siikajoki-Luohuanjoki jokivesistöä ainoastaan vuonna 2009, lukuun ottamatta näytteenottopaikkaa Siikajoki 86-tien silta, josta se määritettiin myös vuonna 2011. Samasta paikasta Siikajoki 86-tien silta ei määritetty värilukua vuonna 2009 eikä sameutta vuonna 2011.

Metallien seurantajakso alkoi vuosittain huhti-toukokuussa jatkuen marras-joulukuuhun. Näytteenotokertoja kertyi kolmessa vuodessa yhteensä 28 – 50 seurantapaikasta riippuen (Taulukko 3). Tarkastelemme seuraavassa erikseen yleisen vedenlaadun (ml. happamuus) ja metallipitoisuuksien kehitystä vuosina 2009–2011.

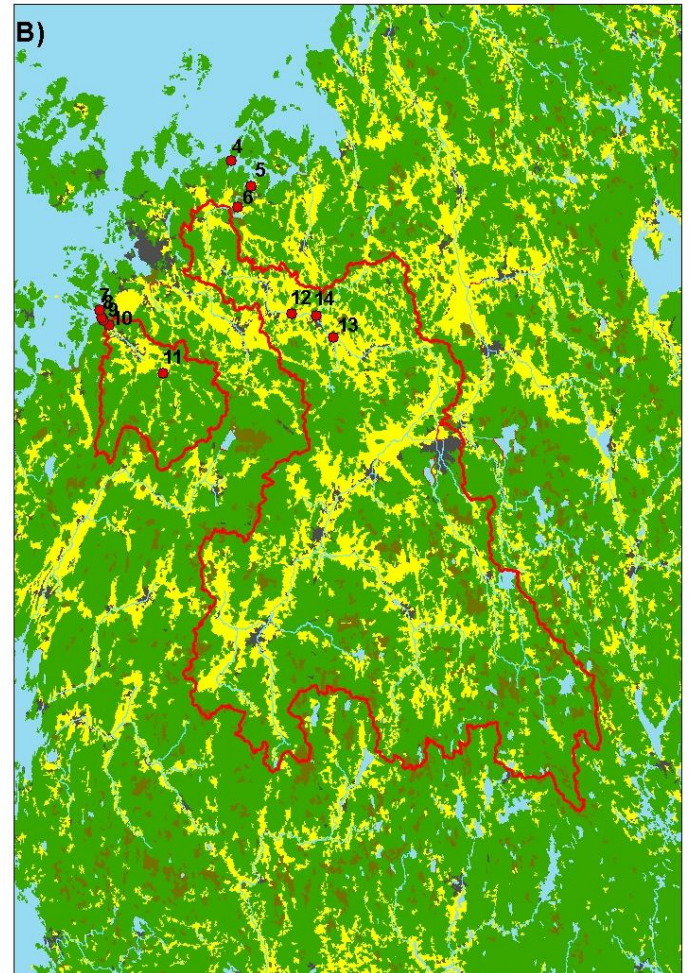
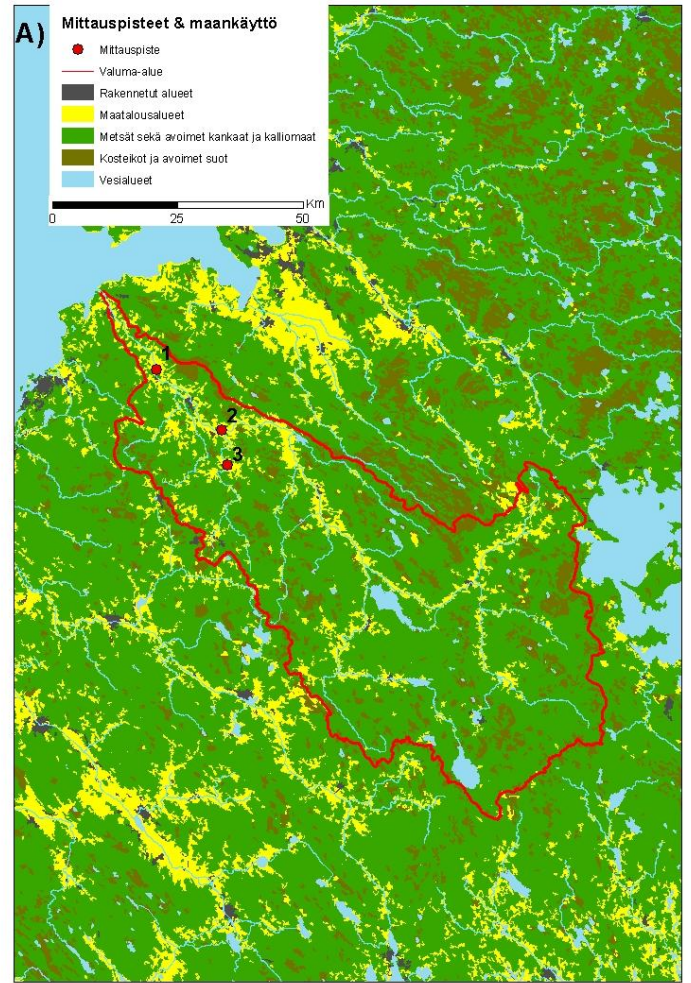
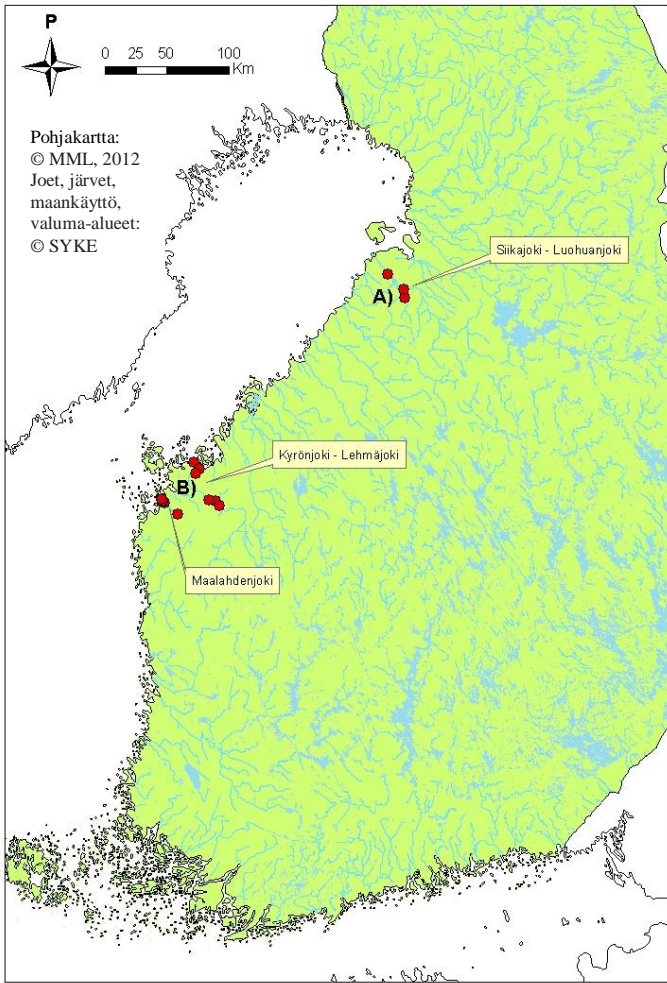
Taulukko 2. Vedenlaatu seurantapaikoilla 2009 – 2011.

	pH		Alkaliniteetti mmol/l		Asiditeetti mmol/l		Kiintoaine mg/l		Sameus FNU		Väriluku mg Pt/l	
	Med	Min	Med	Min	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max
Siikajoki - Luohuanjoki												
Luohuanjoki Mikkolan s	6,5	5,6	0,24	0,07	0,15	0,31	-	-	19	42	300	420
Siikajoki 86-tien silta (yläp.)	6,3	5,7	0,12	0,06	0,14	0,25	-	-	9,2	31	220	400
Siikajoki 8-tien s 11600 (alap.)	6,3	5,7	0,15	0,06	0,13	0,25	-	-	12	36	240	300
Kyrönjoki - Lehmäjoki												
Lehmäj.Isokyrö-Vöyri mts	4,8	4,4	0,01	0,01	0,43	1,10	13	55	19	57	155	630
Ylipään silta (yläp.)	6,35	5,7	0,14	0,06	0,14	0,25	8,9	67	10,5	62	200	280
Palhojainen (alap.)	6,2	5,5	0,12	0,04	0,15	0,26	8,5	72	10	69	200	280
Vassor M 1 (suisto)	6	5	0,08	0,01	-	-	15	48	15	49	180	260
Tottesund (suisto)	6,5	5	0,14	0,01	-	-	6,2	62	9,8	44	180	280
Pudimofjärden (suisto)	7,5	5,9	0,65	0,10	-	-	3,4	19	2,2	26	59	180
Maalahdenjoki												
Långå Sågkvarnsfors	6,2	4,9	0,18	0,03	0,23	0,50	5,9	18	9,4	27	330	510
Kasfors bro	4,8	4,2	0,01	0,01	0,44	0,92	15,5	40	16,5	39	250	630
Stenskärslinjen 2 (suisto)	6,75	4,3	0,40	0,01	-	-	12	29	12,5	30	165	340
Stenskärslinjen 3 (suisto)	7,3	4,1	0,70	0,05	-	-	11,5	96	9,6	56	105	280
Svartö hålet (suisto)	7,2	6,6	0,62	0,32	-	-	9,6	24	9,3	24	100	230

Taulukko 3. Metallien esiintyminen seuranta-alueilla.

	Alumiini µg/l		Arseeni µg/l		Kadmium µg/l		Koboltti µg/l		Kromi µg/l	
	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max
Siikajoki – Luohuanjoki										
Luohuanjoki Mikkolan s (n = 32 - 33)	410	660	0,52	0,74	0,03	0,05	1,2	2,1	1,5	2
Siikajoki 86-tien silta (n = 32 - 35)	520	1100	0,44	0,78	0,02	0,06	1,1	3,9	1,2	2,2
Siikajoki 8-tien s 11600 (n = 32 - 50)	512	1100	0,42	0,69	0,02	0,04	1,3	3,6	1,2	2,6
Kyrönjoki - Lehmäjoki										
Lehmäj.Isokyrö-Vöyri mts (n = 33)	2600	8000	0,53	1,9	0,25	0,44	16	28	1,6	3,9
Ylipään silta (n = 32)	1100	1800	0,94	2	0,09	0,15	5,2	8,5	1,4	2,7
Palhojainen (n = 31)	1200	2200	0,91	2	0,1	0,17	5,7	10	1,5	3,6
Vassor M 1 (n = 28)	1500	2500	0,88	1,8	0,12	0,23	7,5	13	2,4	11
Tottesund (n = 28)	1400	2300	1	3,7	0,12	0,27	7,5	14	4,2	15
Pudimofjärden (n = 29)	280	1500	0,93	3,8	0,07	0,15	1,7	8,5	3,7	16
Maalahdenjoki										
Långå Sägkvarnsfors (n = 31)	1500	2500	0,73	1,2	0,1	0,24	4,3	8,1	2,5	5,2
Kasfors bro (n = 32)	3200	6000	0,74	1,6	0,29	0,96	14,5	42	2,3	7
Stensjärslinjen 2 (n = 30)	1550	5900	0,81	4,9	0,16	0,44	6,4	20	2,8	12
Stensjärslinjen 3 (n = 30)	825	3800	1,5	7	0,11	0,3	3,0	13	3,4	28
Svartö hålet (n = 30)	905	2400	1,3	7,3	0,1	0,18	3,6	7,9	4,4	36
	Lyijy µg/l		Nikkeli µg/l		Rauta µg/l		Sinkki µg/l		Mangaani µg/l	
	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max
Siikajoki - Luohuanjoki										
Luohuanjoki Mikkolan s (n = 32 - 33)	0,26	0,43	2,3	3,3	5200	9100	13	21	160	300
Siikajoki 86-tien silta (n = 32 - 35)	0,33	0,7	2	7,7	2800	5300	6,2	20	120	330
Siikajoki 8-tien s 11600 (n = 32 - 50)	0,29	0,72	2,5	4,4	3100	6600	6,8	14	139	360
Kyrönjoki - Lehmäjoki										
Lehmäj.Isokyrö-Vöyri mts (n = 33)	0,34	0,9	39	64	1400	7200	72	170	730	1600
Ylipään silta (n = 32)	0,43	1	13	21	1500	2600	26	53	330	500
Palhojainen (n = 31)	0,42	1,1	15	26	1500	2900	28	100	350	570
Vassor M 1 (n = 28)	0,46	1	20	31	1600	2900	36,5	230	445	760
Tottesund (n = 28)	0,5	2,6	19,5	30	1400	2800	36,5	62	445	770
Pudimofjärden (n = 29)	0,41	3,1	8,1	20	280	1300	11	230	110	480
Maalahdenjoki										
Långå Sägkvarnsfors (n = 31)	0,53	0,85	10	19	2100	4700	22	70	160	290
Kasfors bro (n = 32)	0,53	1,2	32,5	100	1800	6600	67	140	480	1300
Stensjärslinjen 2 (n = 30)	0,60	2,2	17	49	1250	2400	29	100	290	690
Stensjärslinjen 3 (n = 30)	0,53	3,8	11	33	695	2400	15	65	190	430
Svartö hålet (n = 30)	0,45	2,7	11	23	570	1100	18	42	225	400

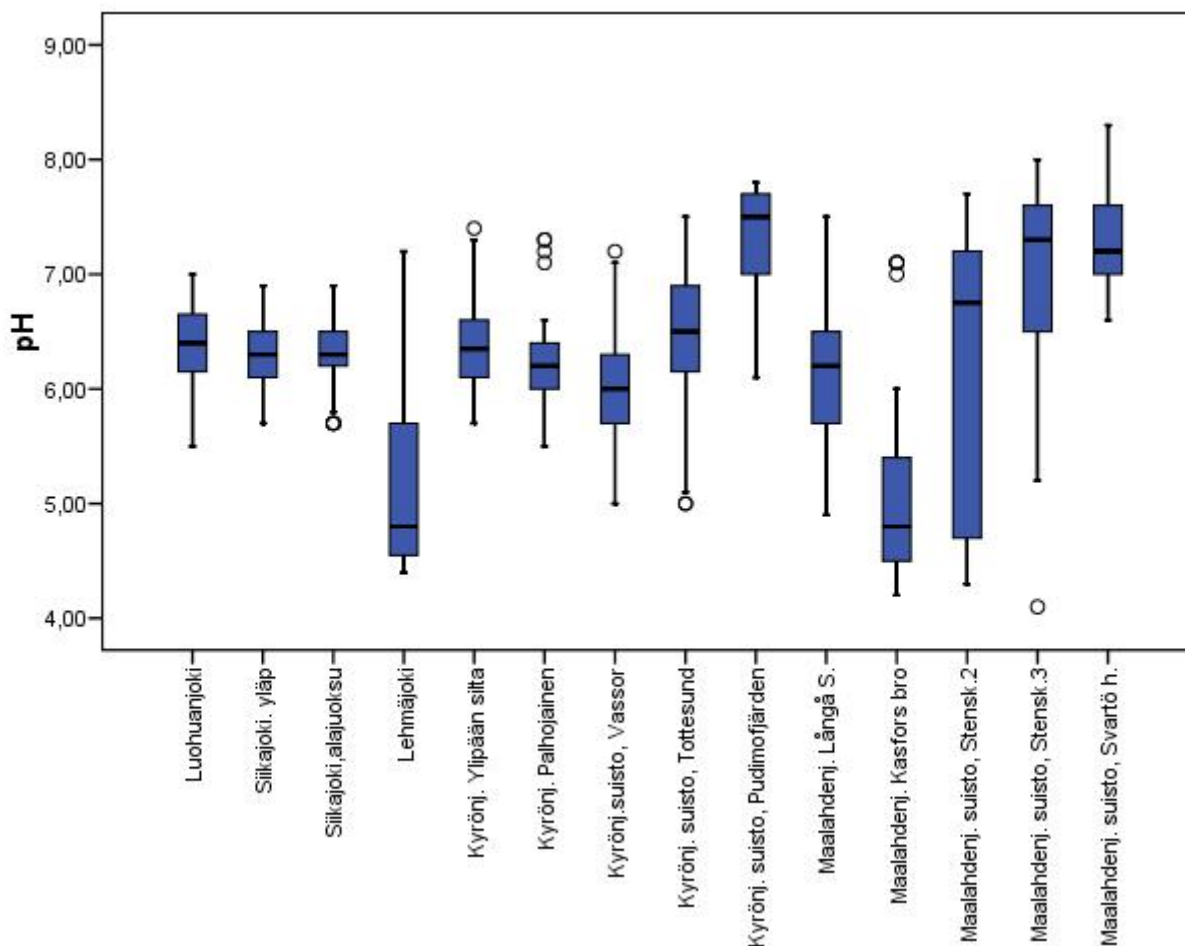
Kuva 1. Mittauspisteiden sijainti ja maankäyttö.



Nro	Mittauspiste
1	Siikajoki 8-tien s 11600 (alap)
2	86Siikajoki 86-tien silta (yläp)
3	Luohuanjoki Mikkolan s
4	Pudimofjärden (suisto)
5	Tottesund (suisto)
6	Vassor M 1 (suisto)
7	Svartö hälet (suisto)
8	Stenskärslinjen 3 (suisto)
9	Stenskärslinjen 2 (suisto)
10	Kasfors bro
11	Långå Sägvvarnsfors
12	Palhojainen (alap)
13	Ylipään silta (yläp.)
14	Lehmäj. Isokyrö-Vöyri mts

2.1 Veden pH-vaihtelu

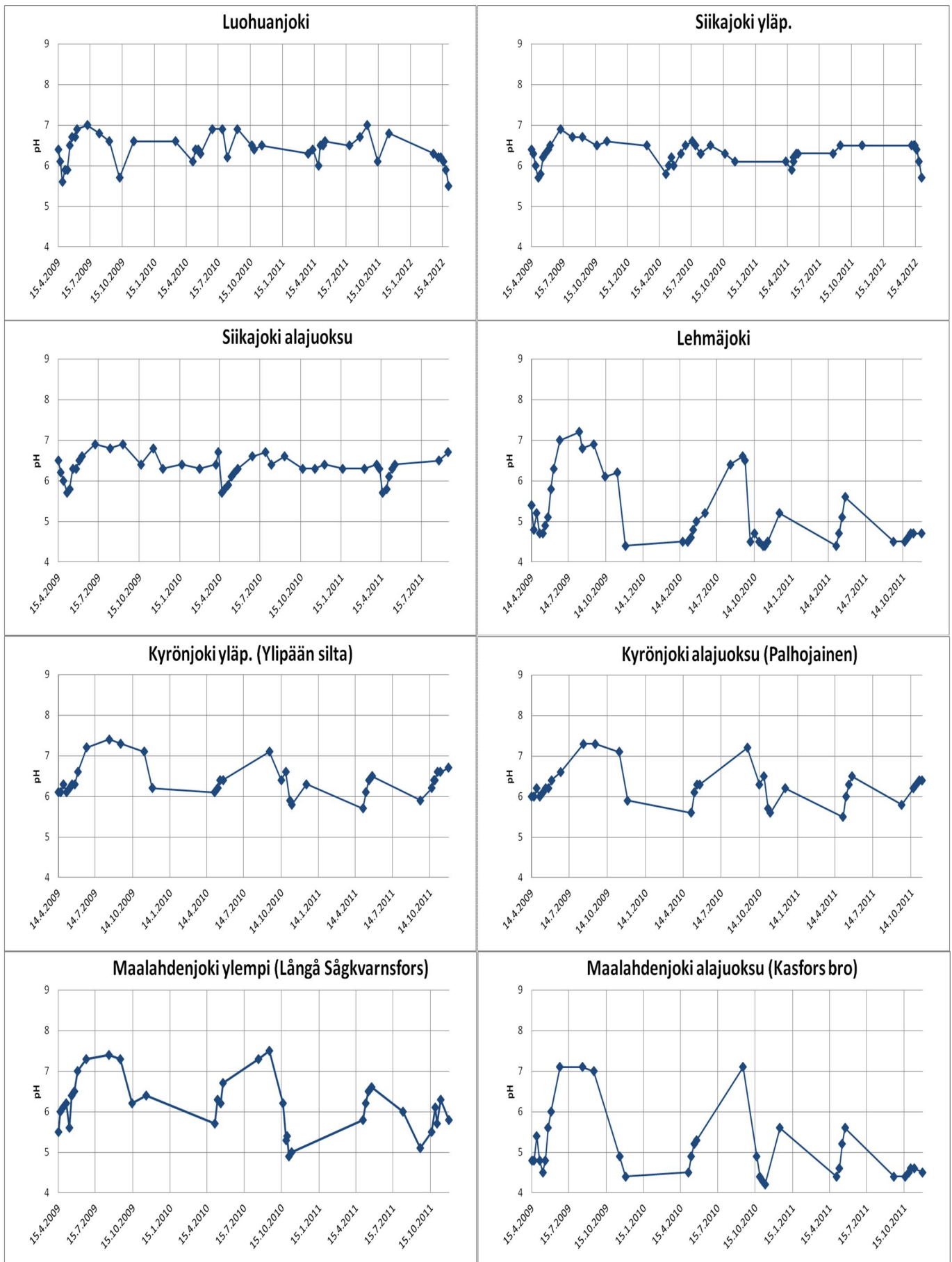
Veden pH:n vaihteli jokialuiden välillä kuin myös yksittäisen jokialueen sisällä (Kuva 3). Suurinta pH-vaihtelu oli Maalahdenjoen suistossa lähellä jokisuuta (Stenskärslinjen 2), missä pH vaihteli välillä 4.3-7.7. Kaikista seurantapaikoista happamimpia mediaanin ja minimin perusteella olivat Lehmäjoki ja Maalahdenjoen alajuoksu (Kasfors bro) (Taulukko 2). Hetkellisesti kuitenkin Maalahdenjoen suistopisteiden (Stenskärslinjen 2 & 3) pH alitti näiden arvon.



Kuva 3. Viiksilaatikko veden pH-vaihtelusta joki- ja suistokohteissa (mediaani, ylä- ja alakvartiili, vaihteluväli ja voimakkaasti poikkeavat havainnot. Yli 1.5 kertaiset havainnot kvartiilivälin pituuteen nähden merkitty ympyröinä).

Vedenlaatuluokituksen kriteereiden mukaan (seurantajakson minimi) suurien ja keskisuurien turvemaiden jokityypeissä vesienhoidon 1. suunnittelukaudelle erinomaisen ja hyvän tilan rajana on pH 5.7, hyvän-tydyttävän rajana pH 5.5, tyydyttävän-välttävän 5.0 ja välttävän-huonon rajana 4.8 (Vuori 2009). Heikoimmassa tilassa pH:n suhteen olivat Lehmäjoki ja Maalahdenjoen alajuoksu, mitkä lukeutuivat laatuluokituksessa luokkaan huono. Maalahdenjoen yläjuoksu lukeutui luokkaan välttävä. Kyrönjoen alapuolinen näytepiste sijoittui luokkaan tyydyttävä, kun taas yläpuolinen piste luokkaan hyvä. Siika- ja Luohuanjoen näytepisteet sijoittuivat luokkaan hyvä.

Jokipaikoilla veden pH oli tyypillisesti korkeimmillaan kesä-syyskuun välisenä aikana (Kuva 4). Veden pH-arvo kasvoi toukokuun jälkeen ja laski syyskuun jälkeen. Vuodenaikavaihtelu oli suurinta Lehmä- ja Maalahdenjoen kohteissa ja tasaisempaa Siika- ja Luohuanjoen pisteissä. Vuotuisen minimi ovat keskimäärin hieman pudonneet seurantajakson aikana, etenkin pisteissä missä vuodenaikavaihtelukin on ollut suurempaa.



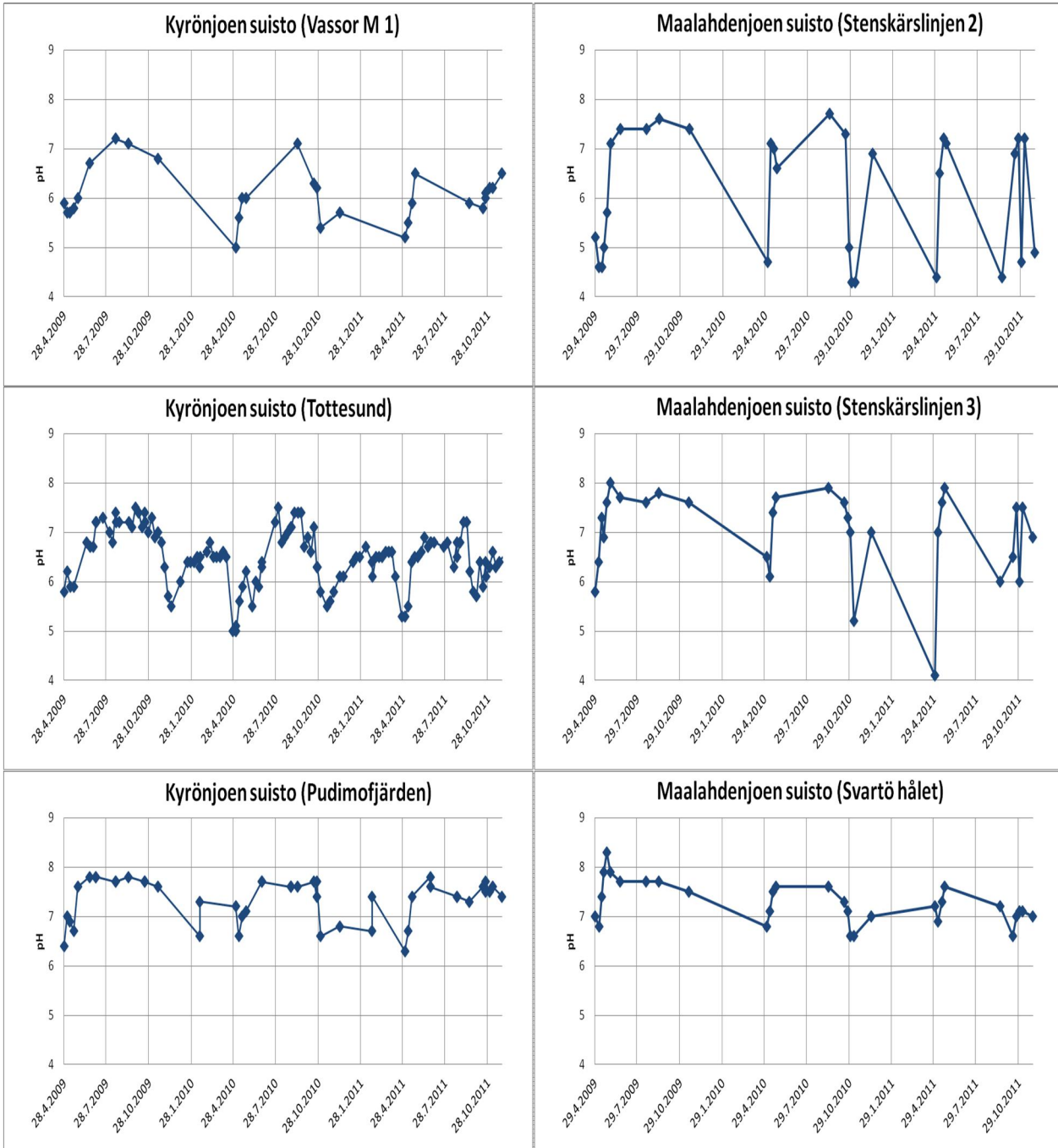
Kuva

4.

pH-vaihtelu

jokikohteissa.

Suistokohteissa (Kuva 5) pH oli alhaisimmillaan keväällä minkä jälkeen se kasvoi kesän ajan ja kääntyi taas laskuun syksyn ajaksi. Suurimmat vaihtelut olivat Maalahdenjoen suistopisteissä (Stensjärslinjen 2 & 3), näissä pisteissä mitattiin myös alhaisimmat pH-minimit. Korkeimmat pH-mediaanit olivat kauempana jokisuista sijaitsevista paikoissa: Svartö hälet, Stensjärslinjen 3 ja Pudimofjärden (Kuva 3). Alhaisin pH-mediaani oli Kyrönjoen jokisuun tuntumassa (Vassor M1) ja alhaisin minimi puolestaan Maalahdenjoen pisteessä (Stensjärslinjen 3).



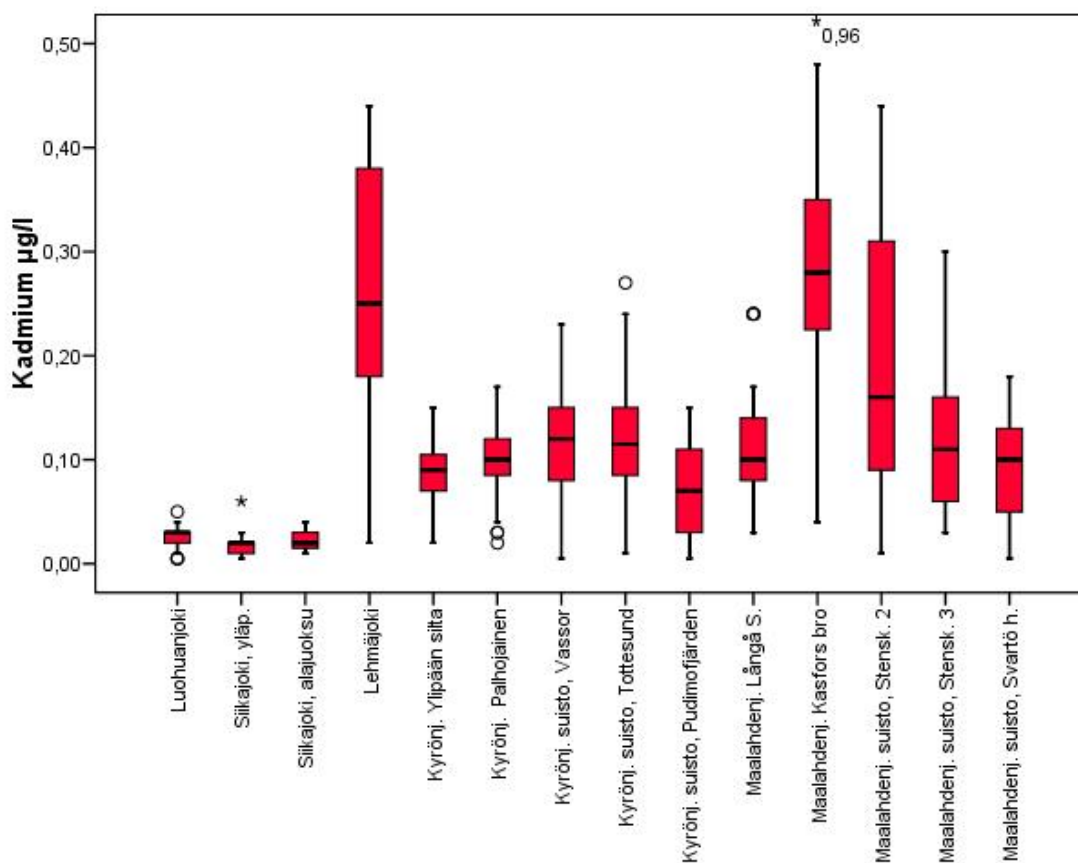
Kuva 5. pH-vaihtelu suistokohteissa. Lähinnä jokisuuta olevat kohteet ylipänä ja kauimmaiset alimpana.

2.2 Metallipitoisuuksien vaihtelu

Metallipitoisuuksien vaihtelu noudatti keskimäärin kaksihuippuista jakaumaa, missä korkeimmat pitoisuudet mitattiin kevät- ja syystulvan aikana. Metallien pitoisuudet laskivat kesän ajaksi ja sadannan lisääntyessä kääntyivät nousuun syksyllä. Kolmevuotisen seurantajakson aikana korkeiden pitoisuuksien ajoittuminen vaihteli niin paikallisesti kuin metallikohtaisesti. Keväällä 2009 korkeimmat metallipitoisuudet ajoittuivat huhti-toukokuulle ja syksyllä marraskuulle, jolloin oli koko seurantajakson keskimäärin alhaisimmat pitoisuudet verrattuna muihin vuosiin. Keväällä 2010 pitoisuusnousu ajoittui huhtikuun puolesta välistä toukokuun puoleen väliin ja syksyllä marras- ja joulukuulle, jolloin mitattiin myös paljon korkeita metallipitoisuuksia. Keväällä 2011 korkeat metallipitoisuusmittaukset olivat toukokuun aikana ja syksyllä marraskuussa, jolloin pitoisuudet olivat myös melko korkeita verrattuna koko seurantajaksoon.

2.2.1 Kadmium

Vesistöjen kemiallisen tilan luokittelussa käytetään yhtenä tekijänä kadmiumpitoisuutta, jolla on erityinen rooli vesistöjen metallikuormituksen seurannassa. Tarkastelemistamme kohteista alhaisimmat kadmiumpitoisuudet ja niiden vaihtelu havaittiin Luohuanjoella ja Siikajoella (Kuva 6). Korkeimmat kadmiumpitoisuudet mediaanin ja maksimin perusteella todettiin Maalahdenjoen alajuoksulla (Kasfors bro) sekä Lehmäjoella ja suistojen osalta Maalahdenjoen jokisuun läheltä (Stenskärslinjen 2) (Taulukko 3).



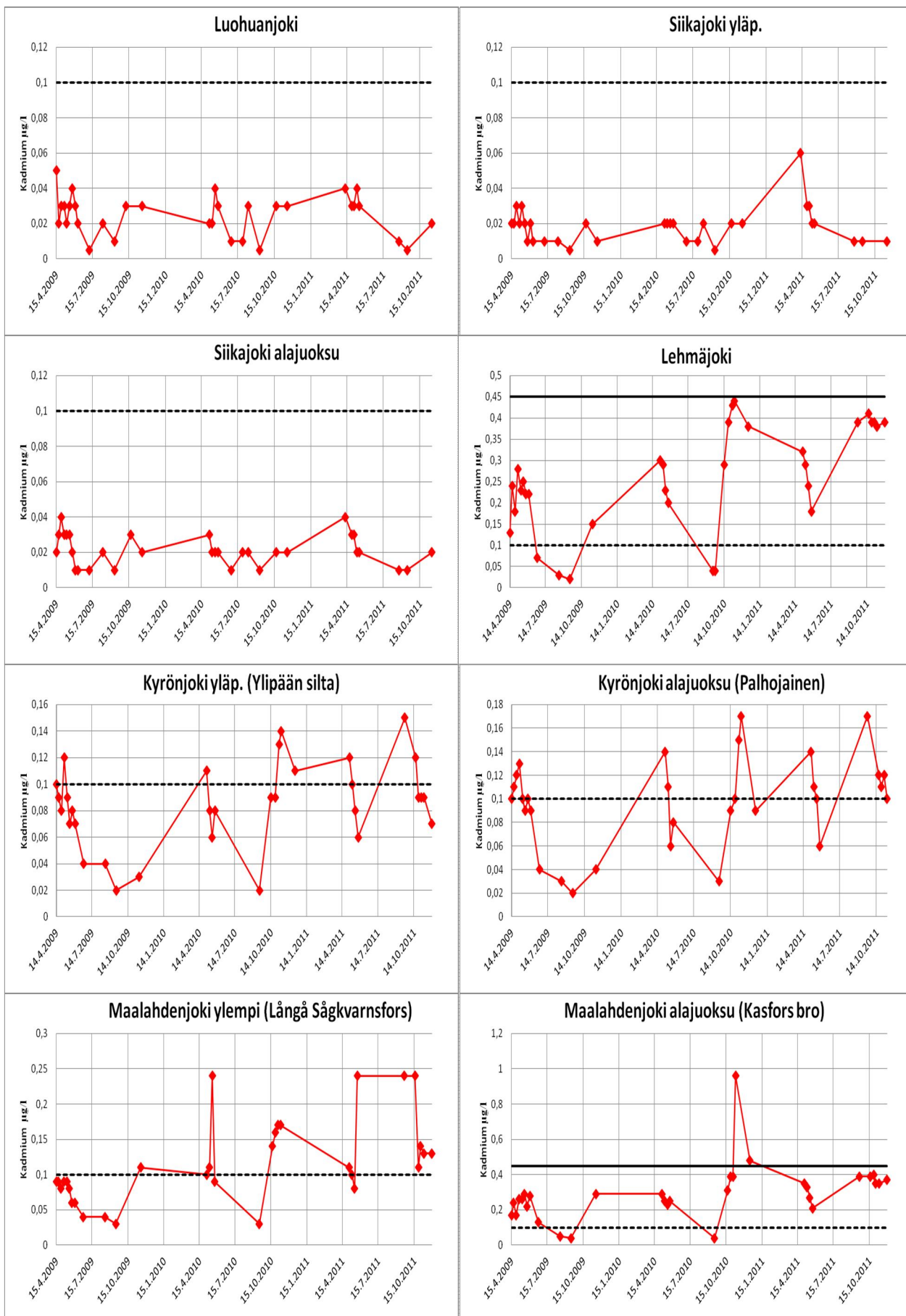
Kuva 6. Viiksilaatikko kadmiumin pitoisuusvaihtelusta joki- ja suistokohteissa (mediaani, ylä- ja alakvartiili, vaihteluväli ja voimakkaasti poikkeavat havainnot. Yli 1.5 kertaiset havainnot kvartiilivälin pituuteen nähden merkitty ympyröinä ja yli 3 kertaiset tähtinä.

Jokien ja rannikkovesien kadmiumille on määritelty ympäristön tilaa kuvaavat ympäristölaatumormit (VNA (868/2010), Verta ym. 2010). Ympäristölaatumormirajat ovat vuosikeskiarvoja ja jokien raja-arvoksi taustapitoisuus huomioon ottaen on annettu 0.1 µg/l ja rannikon raja-arvoksi vastaavasti 0.22 µg/l. Seurantajakson aikana Luohuanjoella ja Siikajoen seuranpisteissä kadmiumpitoisuuden vuosikeskiarvo ei ylittänyt kertaakaan ympäristölaatumormirajaa (Taulukko 4). Lehmäjoella ja Maalahdenjoen alajuoksulla (Kasfors bro) kadmiumin vuosikeskiarvopitoisuus ylitti laatumormin koko seurantajakson ajan. Kyrönjoen alapuolisella näytepisteellä ja Maalahdenjoen yläjuoksulla laatumormiraja ylittyi viimeistään vuosina 2010 ja 2011. Kyrönjoen yläpuolinen näytepiste ei ylittänyt laatumormia, mutta oli vuonna 2011 lähellä ylitystä. Suurin osa suistokohteista ylittää jokien laatumormirajan. Suuremman virtaaman aikana suiston ekologia vastaa etenkin ylemmissä suistopisteissä jokimaista aluetta. Rannikon laatumormirajalla tarkasteltuna kaikki suistokohteet jäivät laatumormirajan alle, mutta etenkin Maalahdenjoen suistokohteessa (Stensjärslinjen 2) pitoisuus oli hyvin lähellä ylittyä vuonna 2011. Kadmiumin pitoisuudet keskimäärin hieman kasvoi koko seurantajakson ajan sekä joki- ja suistokohteissa.

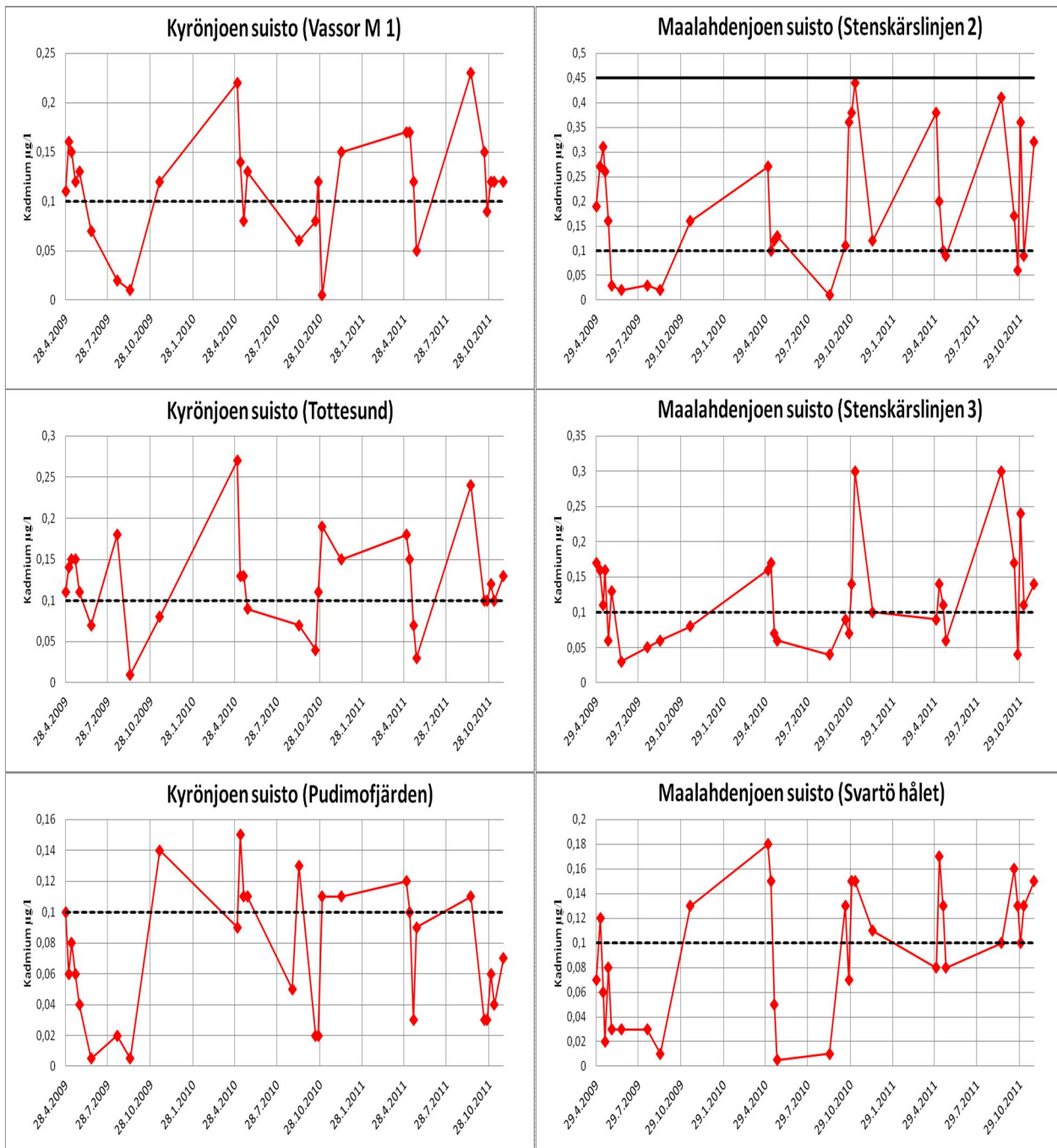
Taulukko 4. Kadmiumpitoisuuden(µg/l) vuosikeskiarvot seurantapaikoilla 2009-2011

	2009	2010	2011
Luohuanjoki Mikkolan s	0,026	0,023	0,026
Siikajoki 86-tien silta (yläp.)	0,017	0,017	0,024
Siikajoki 8-tien s 11600 (alap.)	0,022	0,019	0,023
Lehmäj.Isokyrö-Vöyri mts	0,168	0,275	0,338
Ylipään silta (yläp.)	0,069	0,091	0,097
Palhojainen (alap.)	0,081	0,102	0,114
Vassor M 1 (suisto)	0,099	0,109	0,134
Tottesund (suisto)	0,111	0,131	0,122
Pudimofjärden (suisto)	0,057	0,090	0,068
Långå Sågkvarnsfors	0,072	0,134	0,152
Kasfors bro	0,200	0,359	0,341
Stensjärslinjen 2 (suisto)	0,145	0,204	0,218
Stensjärslinjen 3 (suisto)	0,101	0,120	0,140
Svartö hålet (suisto)	0,058	0,101	0,123

Seurantajakson aikana kadmiumpitoisuus noudatti usein vuosittaista kaksihuippuista jakaumaa, missä kevät- ja syystulvan aikana kadmiumpitoisuudet nousivat. Tulvan jälkeen pitoisuudet alkoivat laskea ja alhaisimmillaan ne olivat loppukesästä ja alkusyksyllä. Vaihtelun voimakkuus oli hyvin paikkakohtaista ja saman jokialueen sisällä saattoi olla melko erilaisia pitoisuusvaihteluita vuosien välillä, mutta pääosin ne noudattivat melko samanlaista kausivaihtelua. Maalahdenjoen jokikohteissa (Kuva 7) kadmiumpitoisuus laski kevään jälkeen selvästi ja nousi jälleen syyskuun jälkeen. Korkeimmat pitoisuudet eivät noudattaneet samanlaista ajallista vaihtelua. Maalahdenjoen alajuoksulla kadmiumpitoisuus ylitti myös hetkellisesti syksyllä 2010 suurimman sallitun enimmäispitoisuuden (VNA (868/2010)) (0.45 µg/l, MAC-EQS, luokka 1). Valtioneuvoston asetus suurimman sallitun enimmäispitoisuuden rajasta määräytyy veden kovuusluokan mukaan ja tarkoittaa ettei pitoisuus saa ylittää raja-arvoa edes hetkellisesti.. Lehmä- ja Kyrönjoella kadmiummaksimi ajoittui vaihtelevasti keväälle tai syksylle vuosien välillä ja pitoisuudet noudattivat melko samanlaista ajallista vaihtelua. Siika- ja Luohuanjoella vuosittaiset kadmiumin maksimipitoisuudet mitattiin keväällä ja ne noudattivat melko samanlaista ajallista vaihtelua. Suistokohteissa (Kuva 8) maksimipitoisuuksien vuosittainen ajoittuminen vaihteli, mutta pääosin ne noudattivat samanlaista ajallista vaihtelua jokipaikoittain. Alhaisimmat keskimääräiset pitoisuudet ja maksimit olivat jokisuista kauimpana sijaitsevilla kohteilla (Svartö hålet, Pudimofjärden). Jokisuiden lähetyvillä (Stensjärslinjen 2 ja 3, Vassor M 1) maksimi ajoittui huhti-toukokuun vaihteeseen. Tottesundilla huippupitoisuus mitattiin elokuussa ja jokisuista kauimpana sijaitsevilla kohteilla (Svartö hålet, Pudimofjärden) marraskuussa.



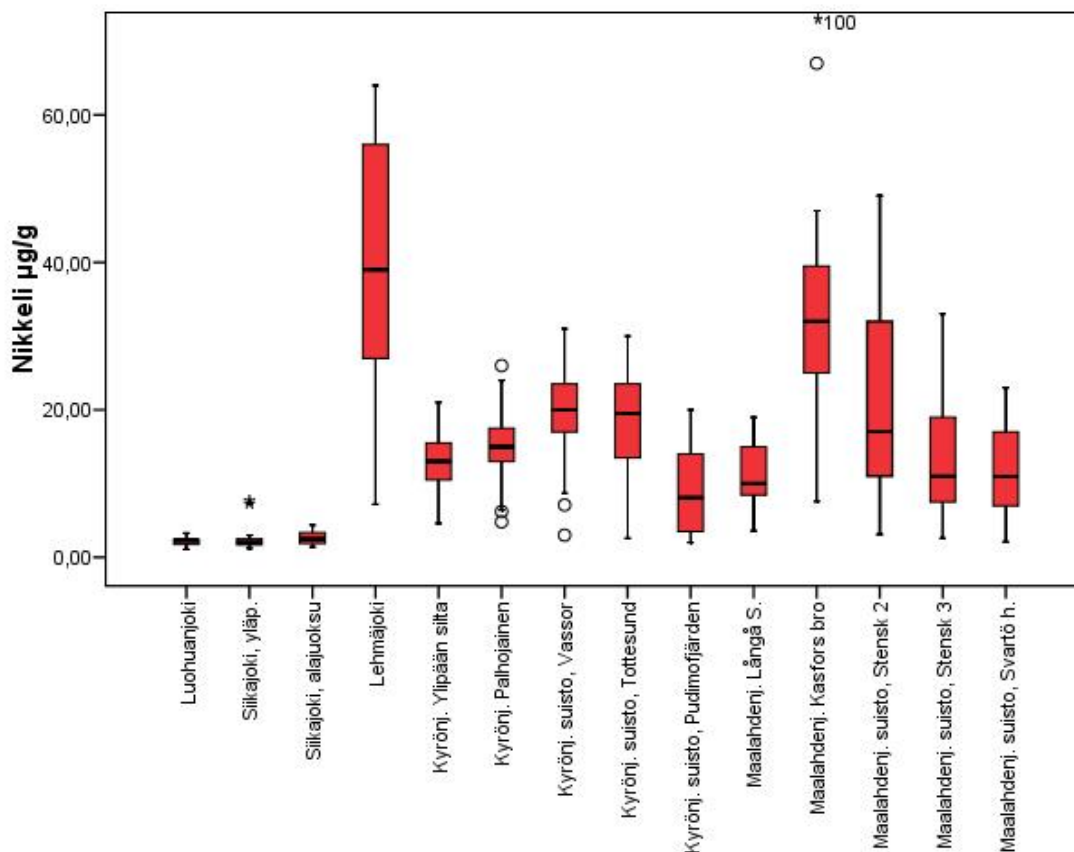
Kuva 7. Kadmiumpitoisuus jokikohteissa, musta katkoviiva on jokien vuosikeskiarvon laatu normiraja ja musta yhtenäinen viiva suurimman sallitun pitoisuuden raja.



Kuva 8. Kadmiumpitoisuus suistokohteissa, musta katkoviiva on jokien vuosikeskiarvon laatu normiraja ja musta yhtenäinen viiva suurimman sallitun pitoisuuden raja.

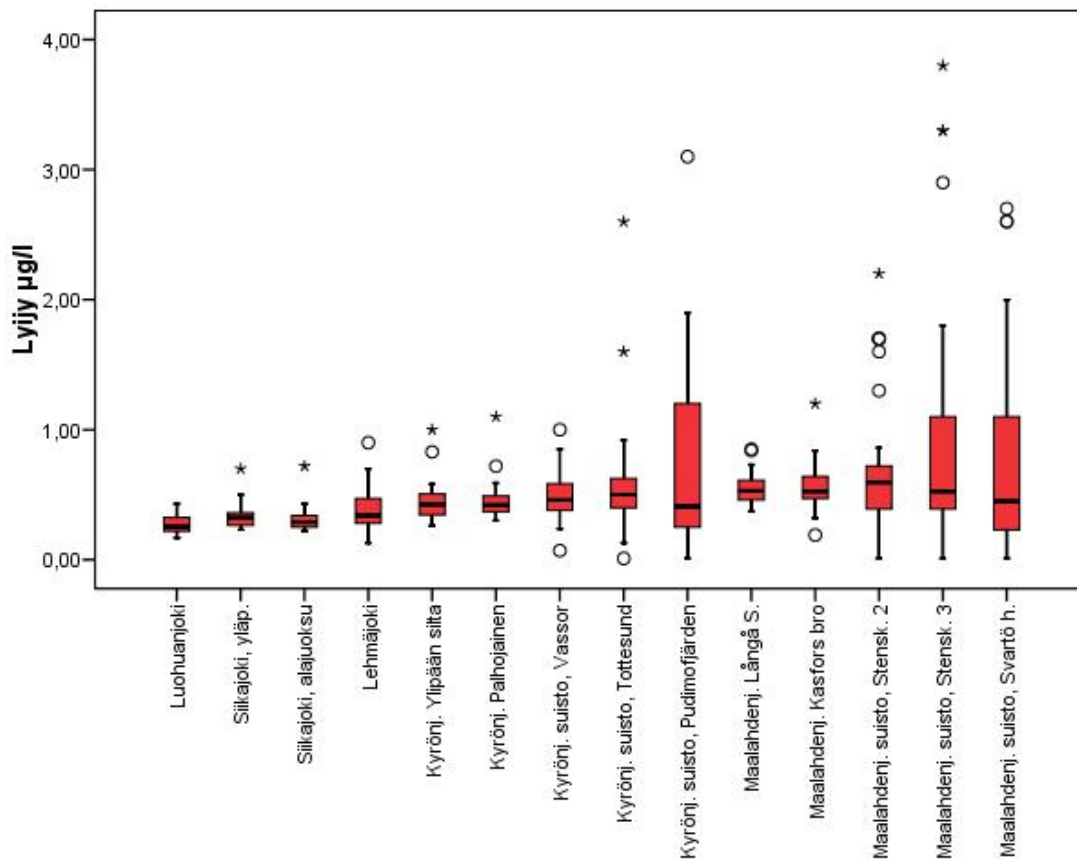
2.2.1 Muut metallit

Nikkelille on kadmiumin tapaan määritetty ympäristölaatumnormi. Nikkelillä laatumnormi on sekä joki- että rannikkoalueille vuosikeskiarvona $21\mu\text{g/l}$ (VNA (868/2010)). Tämä ylittyi hetkellisesti useissa paikoissa. Korkeimmat nikkelipitoisuuden mediaanit ja maksimit todettiin Maalahdenjoen alajuoksulla ja Lehmäjoella (Kuva 9). Vuosikeskiarvot ylittivät ympäristölaatumnormin molemmissa paikoissa koko seurantajakson ajan. Luohuanjoella ja Siikajoen pisteissä pitoisuudet olivat alhaisimpia ja eivät ylittäneet laatumnormia hetkellisestikkään missään vaiheessa seurantajakson aikana. Maalahdenjoella jokikohteiden nikkelipitoisuudet olivat suistokohteita alempana, lukuunottamatta alajuoksua. Maalahdenjoen suistossa (Stensjärslinjen 2) ympäristölaatumnormi ylittyi vuosina 2010 ja 2011. Kyrönjoella suistokohteiden pitoisuudet olivat taas korkeampia verrattuna jokikohteisiin, lukuunottamatta kaukana jokisuusta olevaa Pudimofjärdeniä.



Kuva 9. Viiksilaitikko nikkelin pitoisuusvaihtelusta joki- ja suistokohteissa (mediaani, ylä- ja alakvartiili, vaihteluväli ja voimakkaasti poikkeavat havainnot. Yli 1.5 kertaiset havainnot kvartiilivälän pituuteen nähden merkitty ympyröinä ja yli 3 kertaiset tähtinä.

Lyijypitoisuus (Liite 7) pysyi koko seurantajakson ajan melko tasaisena. Lyijypitoisuuden korkein mediaani ja maksimi mitattiin Maalahdenjoen suistokohteissa (Stensjärslinjen 2 & 3) (Kuva 10). Seurantajakson lopussa 2011 kevät-syys, lyijypitoisuuksissa tapahtui pieni nousu suistokohteissa. Pitoisuudet kaikissa paikoissa jäivät selvästi alle vuosikeskiarvon ympäristölaatumirajan 7.2 (joet) – $7.9\mu\text{g/l}$ (rannikko) (VNA (868/2010)).



Kuva 10. Viiksilaatikko lyijyn pitoisuusvaihtelusta joki- ja suistokohteissa (mediaani, ylä- ja alakvartiili, vaihteluväli ja voimakkaasti poikkeavat havainnot. Yli 1.5 kertaiset havainnot kvartiilivälin pituuteen nähden merkitty ympyrinä ja yli 3 kertaiset tähtinä.

Alumiinin (Liite 1), koboltin (Liite 2), mangaanin (Liite 3), nikkelin (Liite 4) ja sinkin (Liite 5) pitoisuudet noudattivat keskenään melko samanlaista vaihtelua. Edellä mainitut metallipitoisuudet olivat korkealla keväällä, minkä jälkeen ne laskivat kesän ja alkusyksyn aikana saavuttaen miniminsä yleensä syyskuussa. Tämän jälkeen pitoisuudet lähtivät nousuun ja monella paikalla saattoivat ylittää edellisen kevään pitoisuushuipun. Seurantajakson aikana metallipitoisuudet keskimäärin kohosivat ja olivat vuosina 2010 ja 2011 korkeampia kuin vuonna 2009. Maalahdenjoella pitoisuudet olivat yleensä korkeimmillaan syksyllä. Siika- ja Luohuanjoella vaihtelu oli vähäisintä ja maksimipitoisuudet todettiin yleensä keväällä. Kaikilla viidellä metallilla maksimit ja korkeimmat mediaanit todettiin kadmiumin lailla Maalahdenjoen alajuoksulla ja Lehmäjoella (Taulukko 3). Suistokohteet noudattelivat pääasiassa melko samalaisia ajallista pitoisuusvaihtelua jokipaikoittain. Korkeimmat maksimipitoisuudet ja mediaanit mitattiin alumiinin, koboltin, nikkelin osalta Maalahdenjoen jokisuun läheltä (Stenskärslinjen 2) ja Kyrönjoen edustalta. Mangaanilla korkeimmat maksimipitoisuudet todettiin Kyrönjoen suistoalueella Vassor M1:llä ja Tottesundilla.

Korkein kromipitoisuuden (Liite 6) mediaani ja maksimi todettiin Maalahdenjoen jokisuusta kaukaisimmassa suistopisteessä (Svartö hälet). Suistokohteissa pitoisuudet olivat jokipisteitä korkeampia, etenkin seurantajakson alkupuolella. Myös kromipitoisuuden mediaanit ja etenkin maksimit olivat korkeampia suistokohteissa kuin jokikohteissa. Matalimmat mediaanit ja maksimit olivat Siika- ja Luohuanjoen kohteissa.

Arsenipitoisuus (Liite 8) jokikohteissa oli lähes kaikissa paikoissa seurantajakson aikana korkeimmillaan syksyllä. Keväällä pitoisuudet myös hieman nousivat jonka jälkeen laskivat alkukesäksi ja kääntyivät sen jälkeen nousuun. Korkeimmat arsenipitoisuudet mediaanin ja maksimin perusteella olivat Kyrönjoen jokipisteet, suistoista taas Maalahdenjoen kauimmat mittauspisteet (Svartö hälet, Stenskärslinjen 3)

(Taulukko 3). Suistokohteissa seurantajakson alkupuolella arseenipitoisuudet olivat keskimäärin paljon korkeampia kuin loppupuoliskolla ja korkeammalla kuin vastaavat jokipisteet.

Myös rautapitoisuus (Liite 9) lähti yleensä nousuun jo kevään aikana jokipaikoissa. Maksimin se saavutti kesän lopussa tai syksyn alussa, minkä jälkeen rautapitoisuus alkoi laskea. Suurin mediaani ja maksimi oli selvästi Luohuanjoella. Myös Siikajoella oli keskimäärin korkeat rautapitoisuudet, mitkä Lehmäjoki ylitti vain hetkellisesti. Maalahden- ja Kyrönjoella korkeimmat rautapitoisuudet olivat jokikohteissa. Suistokohteissa rautapitoisuudet laskivat etäisyyden kasvaessa jokisuusta. Alhaisimmat rautapitoisuuden huiput ja mediaanit todettiin kauimpana olevista suistokohteista (Pudimofjärden, Svartö hälet) sekä Maalahden- että Kyrönjoella.

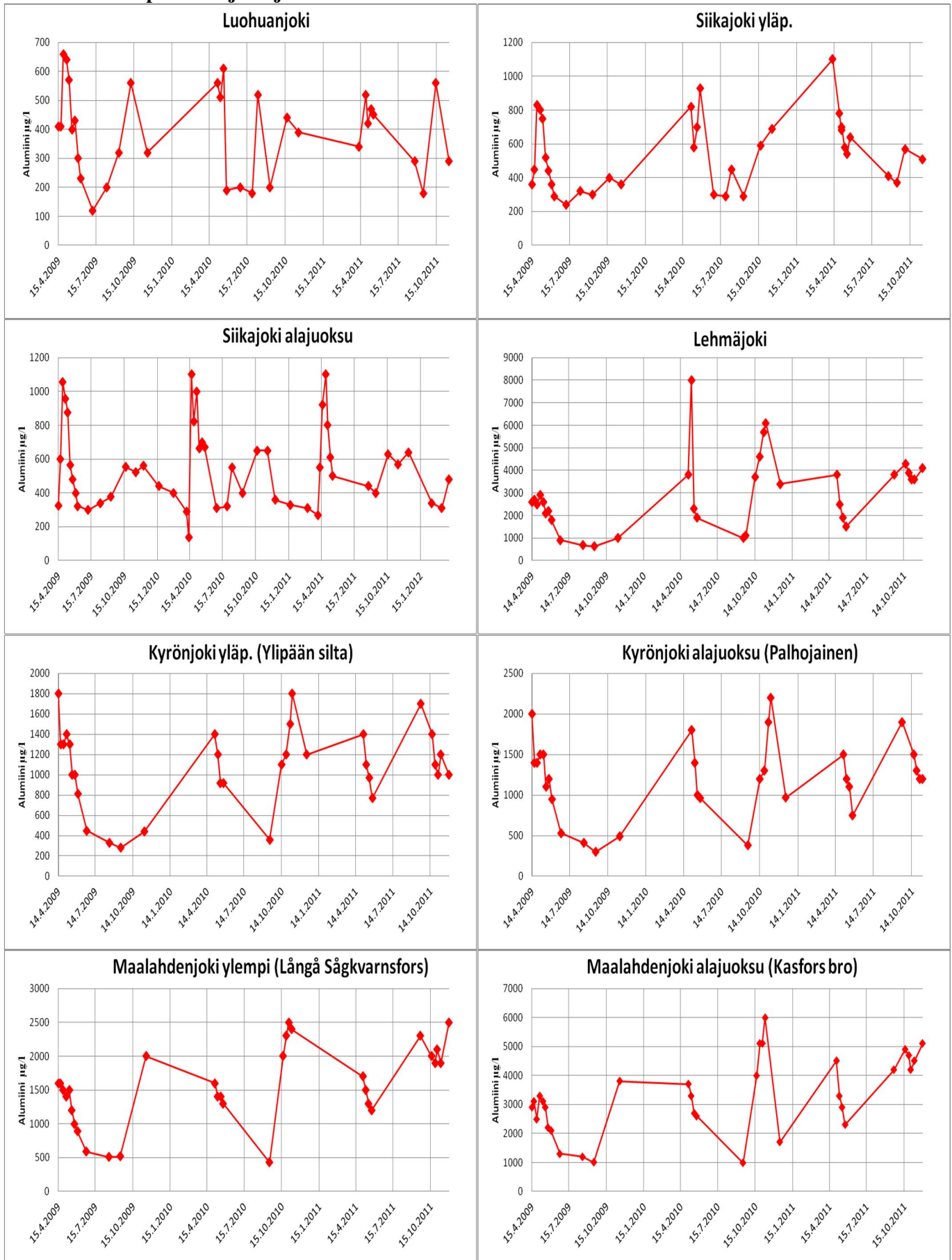
KIRJALLISUUS

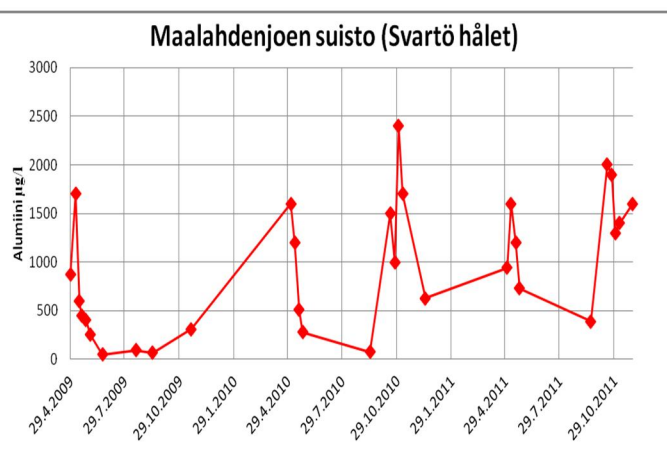
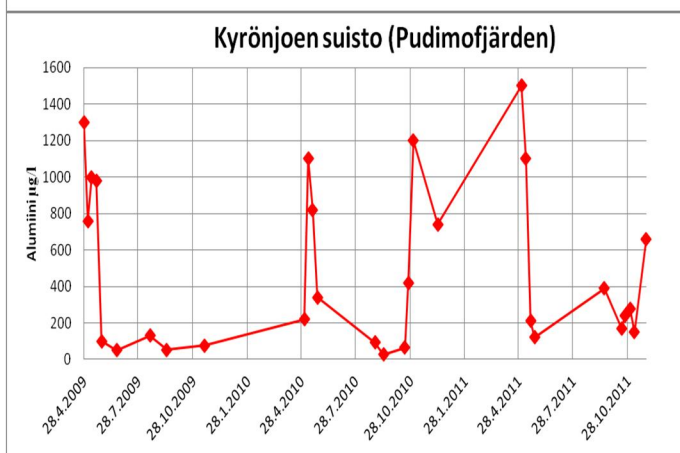
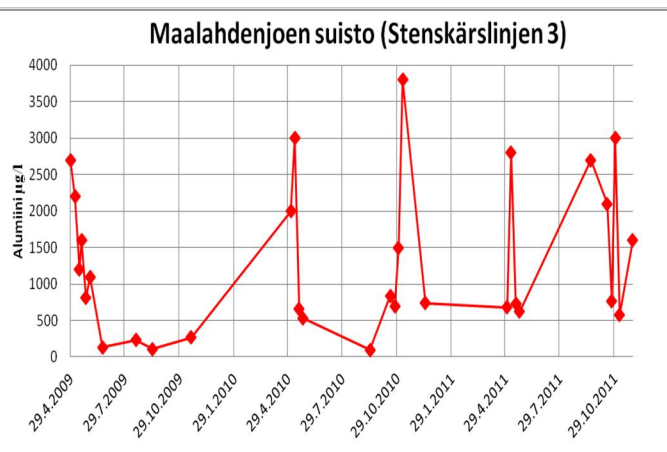
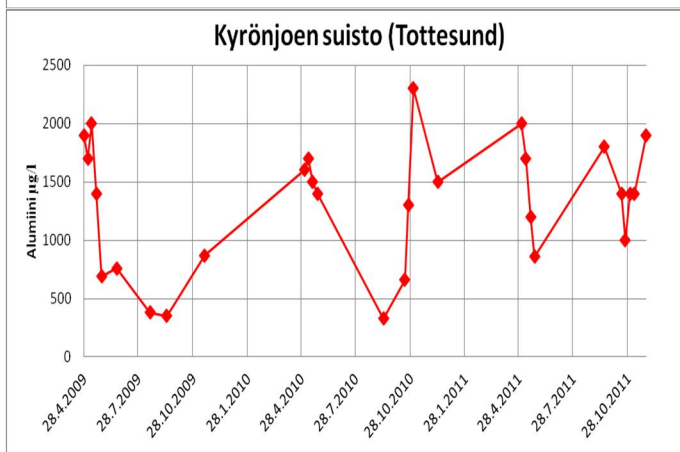
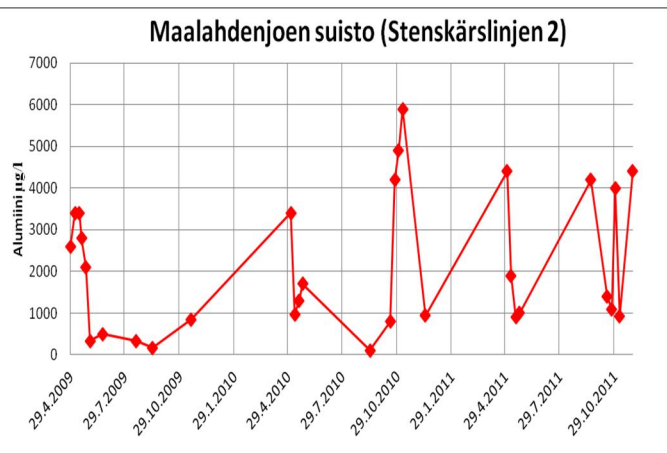
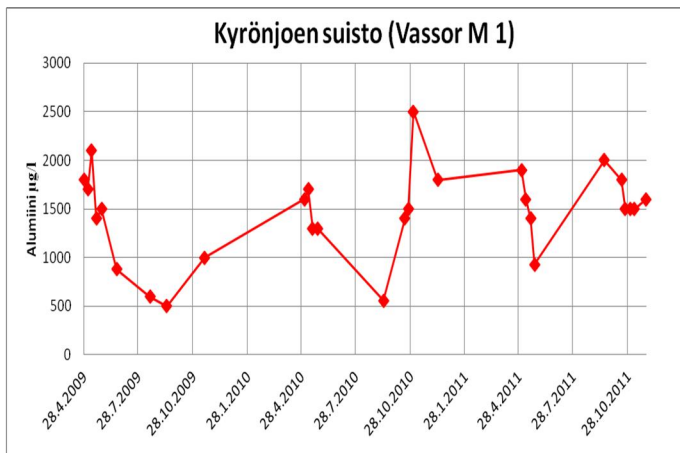
Valtioneuvoston asetus 868/2010/VNA: Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta, 1.11.2010. Saatavilla [www:stä osoitteesta: http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100868](http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100868)

Verta M., Kauppila T., Londesborough S., Mannio J., Porvari P., Rask M., Vuori K.-M. ja Vuorinen P. 2010: Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä - Ehdotus laatunormidirektiivin toimeenpanosta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 10/2010, Helsinki, Suomen ympäristökeskus, 45 s.

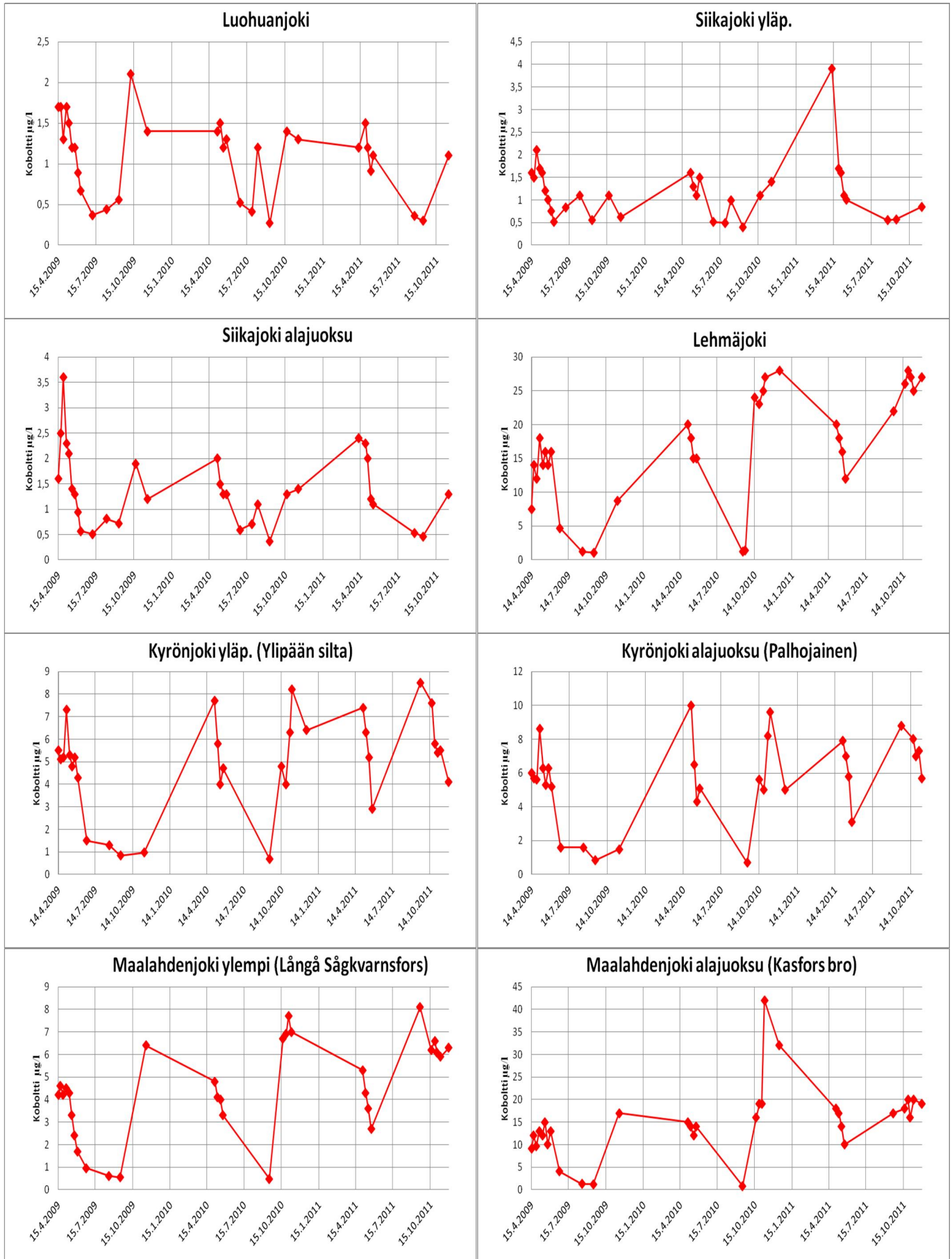
Vuori K.-M., Mitikka S. & Vuoristo H. 2009 (toim.): Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Osa I: Vertailuolot ja luokan määrittäminen. Osa II: Ihmistoiminnan ympäristövaikutusten arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2009, Helsinki, Suomen ympäristökeskus, 120 s.

Liite 1. Alumiinipitoisuus joki- ja suistohteissa.

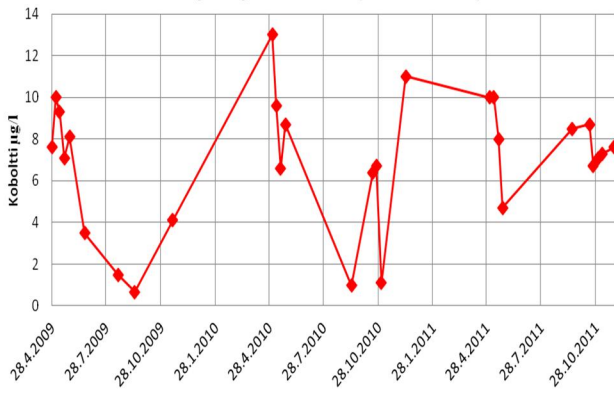




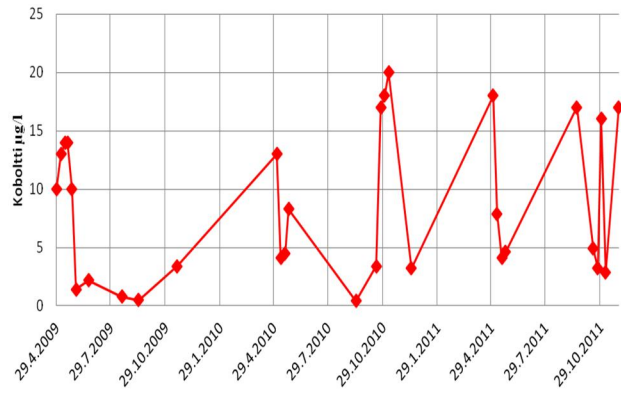
Liite 2. Kobolttipitoisuus joki- ja suistokohteissa.



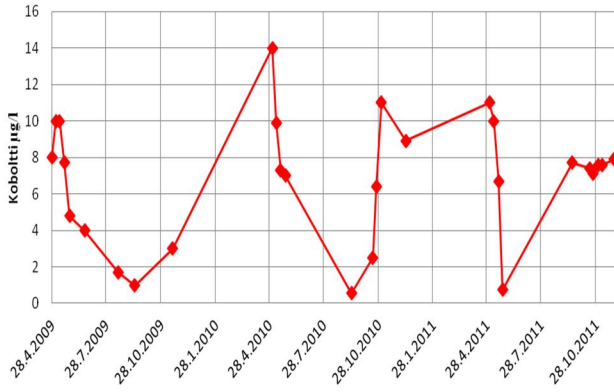
Kyrönjoensuisto (Vassor M 1)



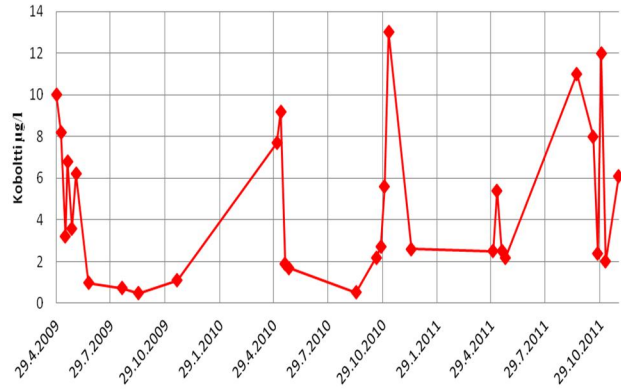
Maalahdenjoensuisto (Stenskärslinjen 2)



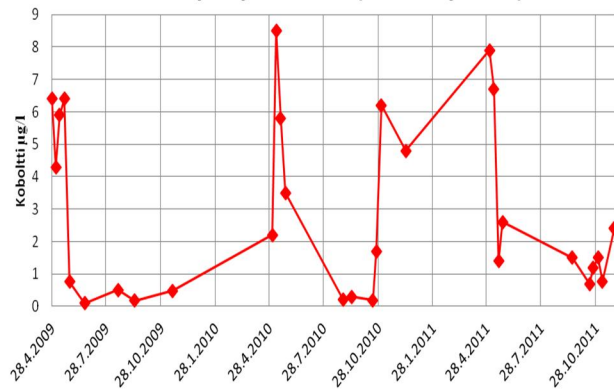
Kyrönjoensuisto (Tottesund)



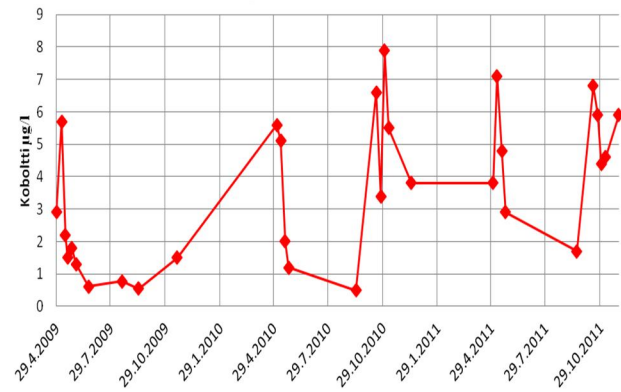
Maalahdenjoensuisto (Stenskärslinjen 3)



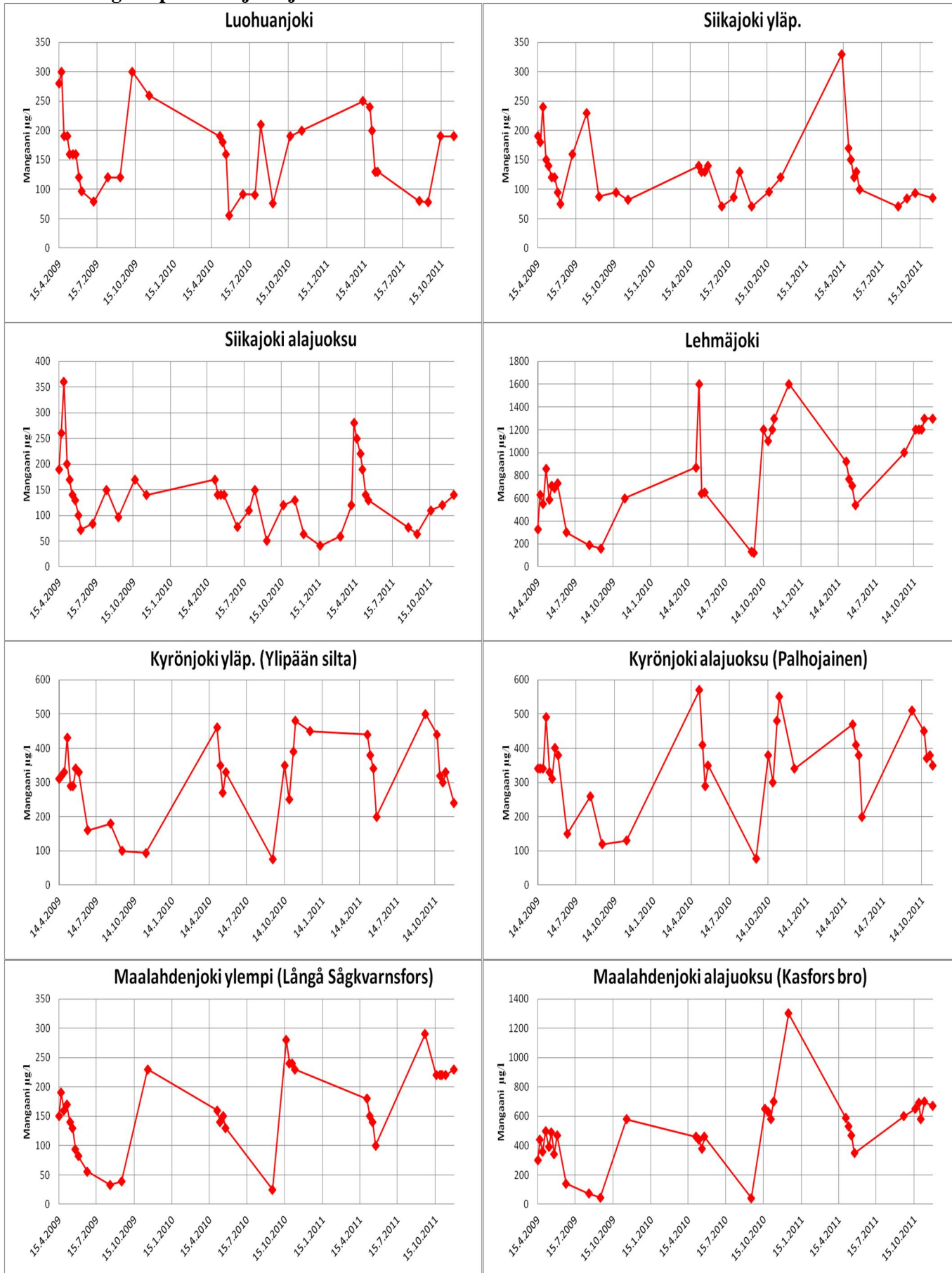
Kyrönjoensuisto (Pudimofjärden)



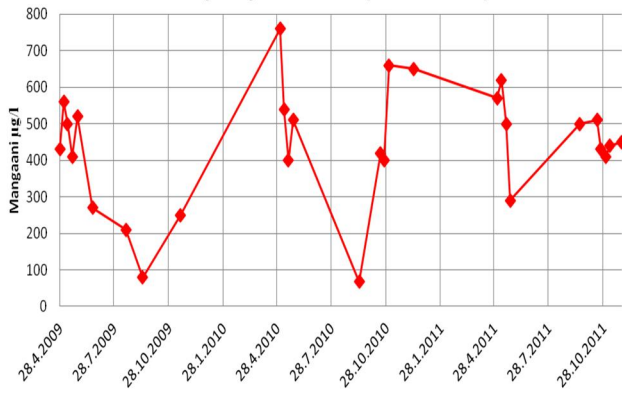
Maalahdenjoensuisto (Svartö hålet)



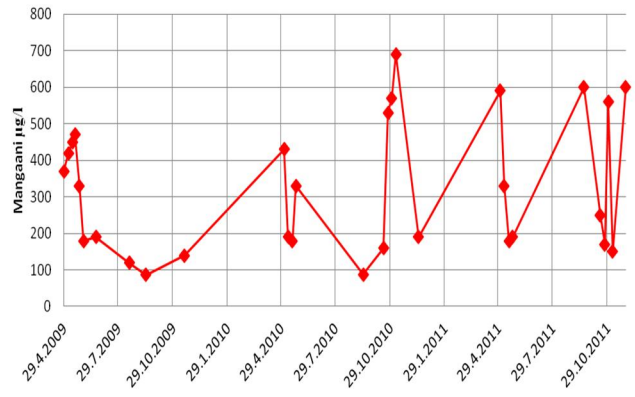
Liite 3. Mangaanipitoisuus joki- ja suistokohteissa.



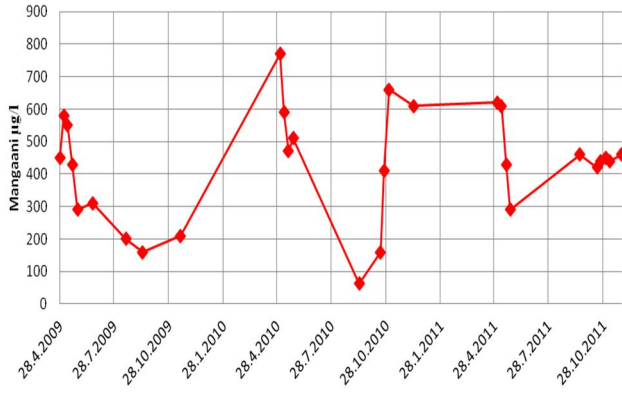
Kyrönjoen suisto (Vassor M 1)



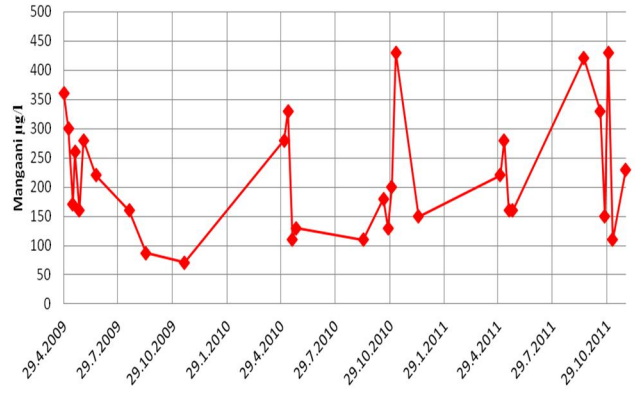
Maalahdenjoen suisto (Stenskärslinjen 2)



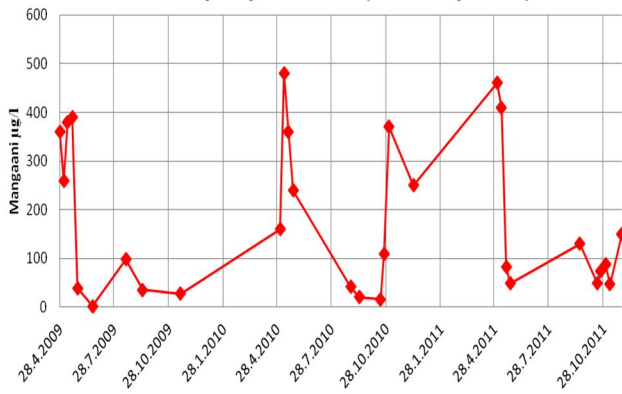
Kyrönjoen suisto (Tottesund)



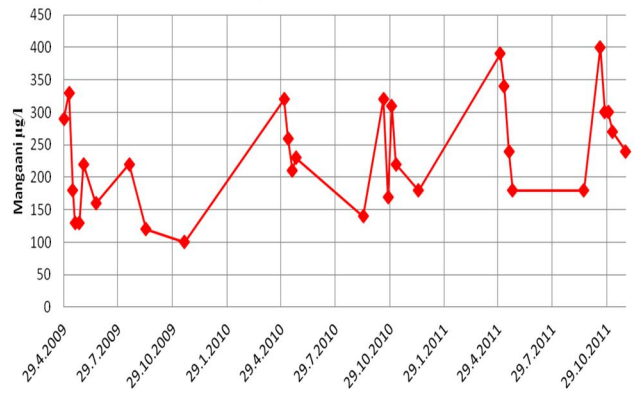
Maalahdenjoen suisto (Stenskärslinjen 3)



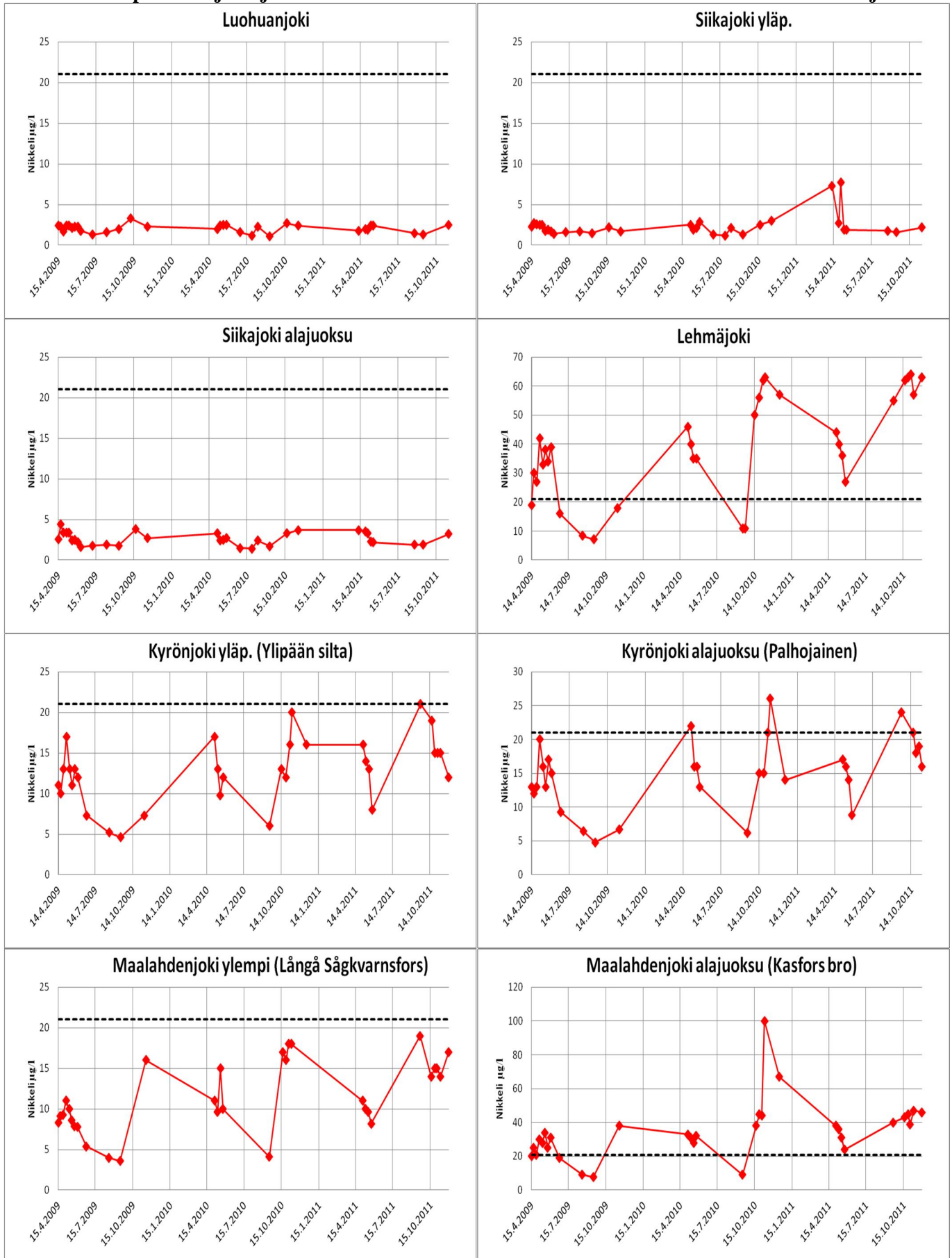
Kyrönjoen suisto (Pudimofjärden)



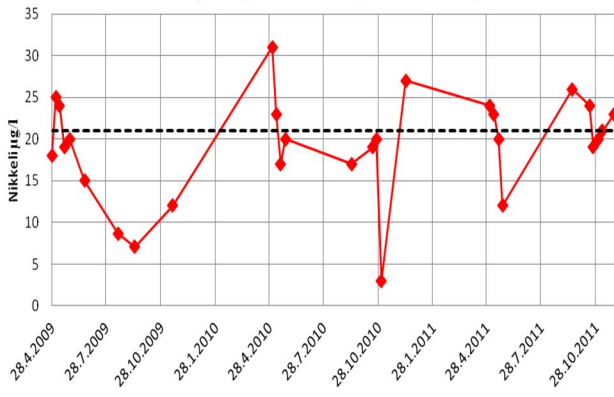
Maalahdenjoen suisto (Svartö hålet)



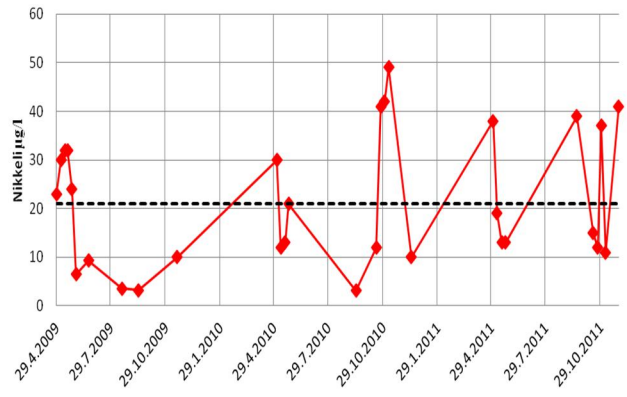
Liite 4. Nikkelipitoisuus joki- ja suistokohteissa. Musta katkoviiva on vuosikeskiarvon laatunormiraja.



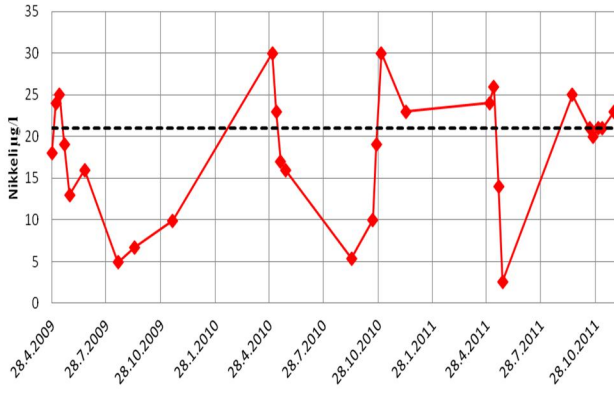
Kyrönjoensuisto (Vassor M 1)



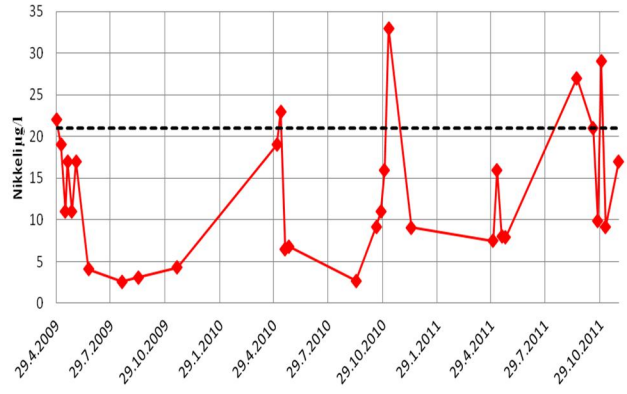
Maalahdenjoensuisto (Stenskärlinjen 2)



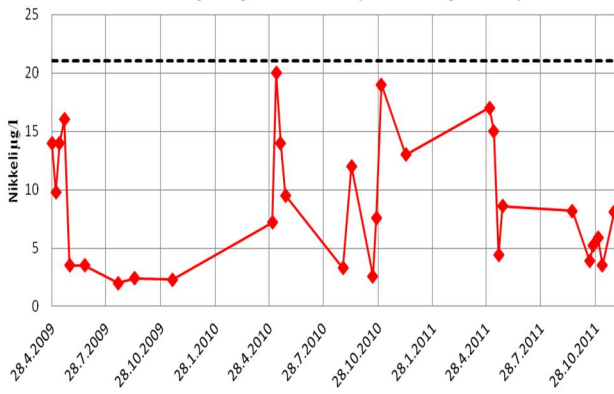
Kyrönjoensuisto (Tottesund)



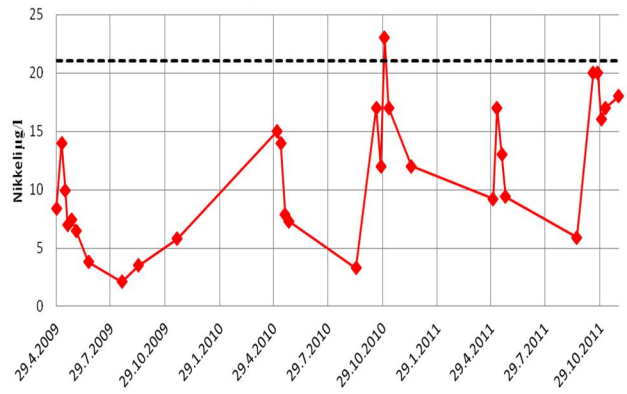
Maalahdenjoensuisto (Stenskärlinjen 3)



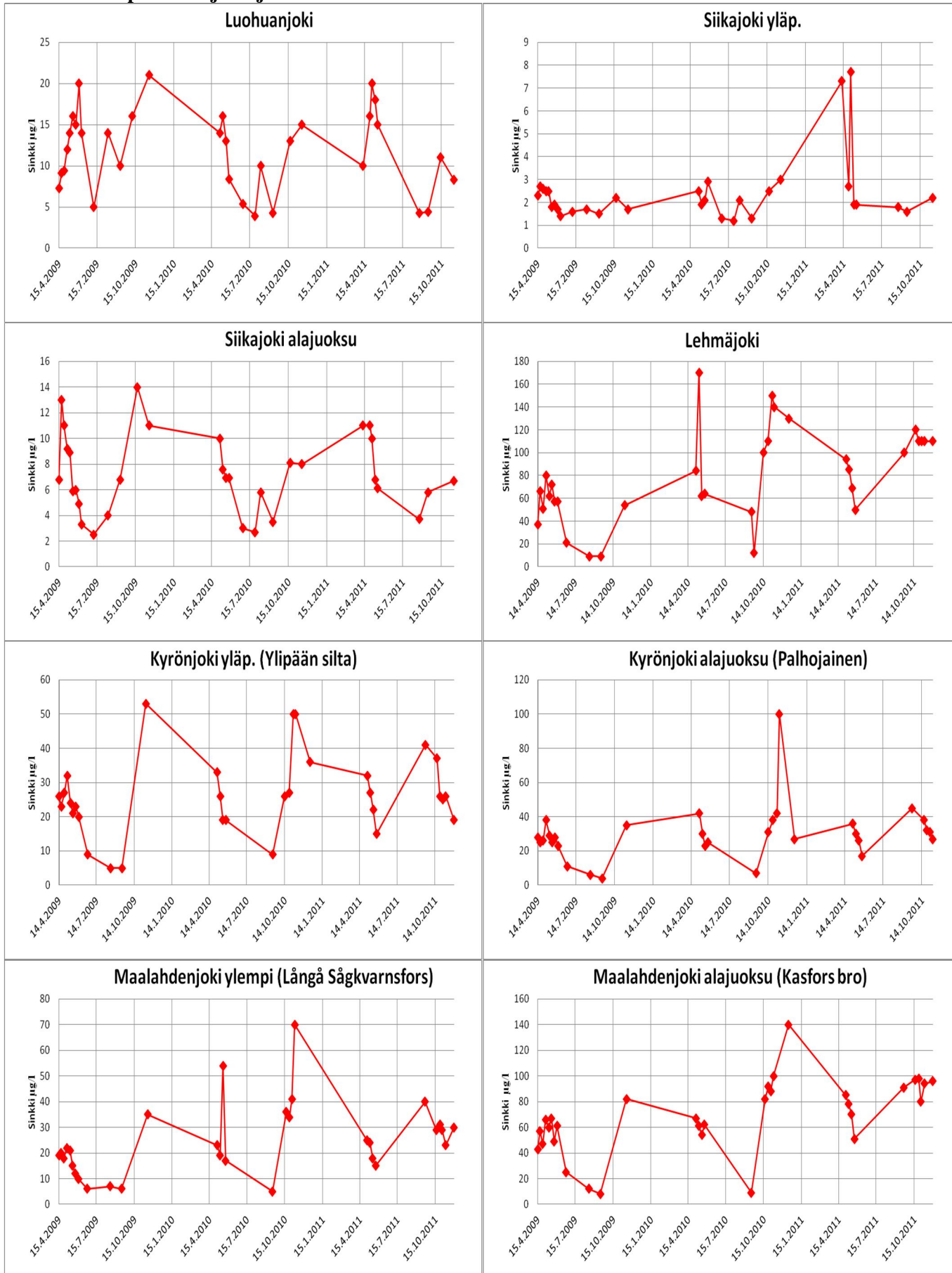
Kyrönjoensuisto (Pudimofjärden)

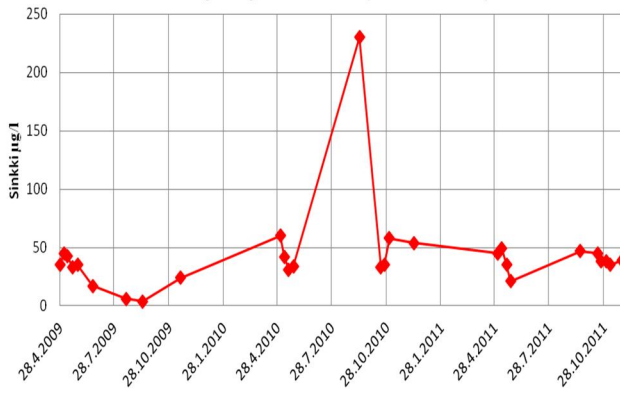
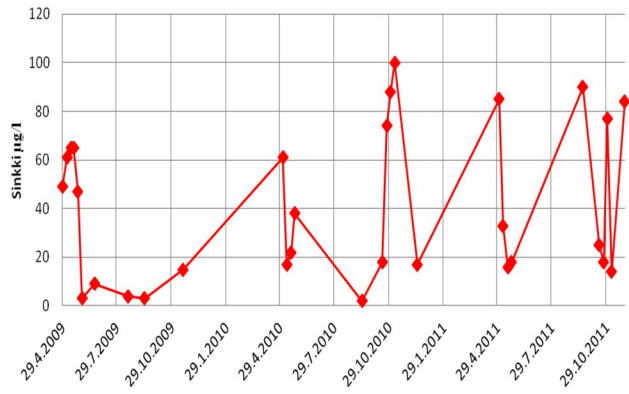
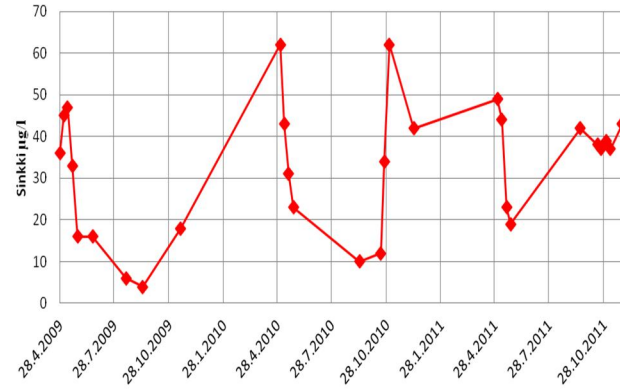
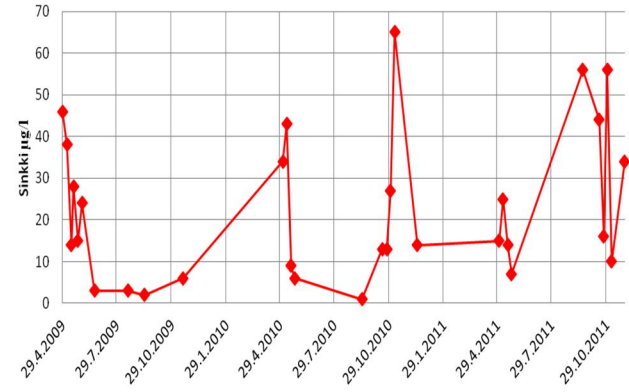
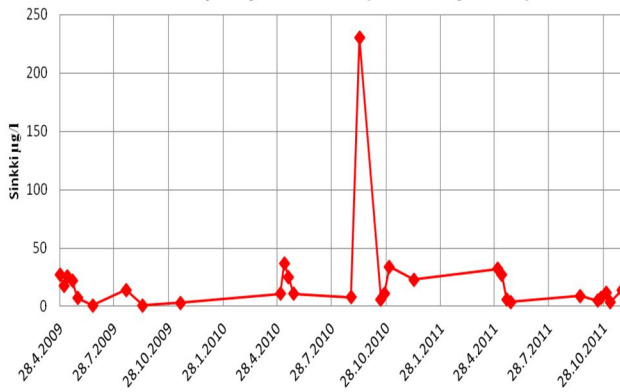
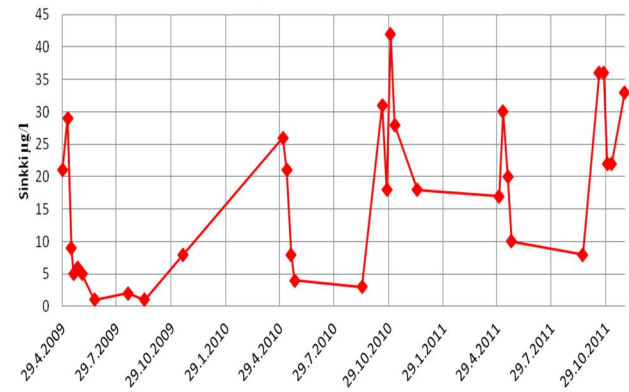


Maalahdenjoensuisto (Svartö hålet)

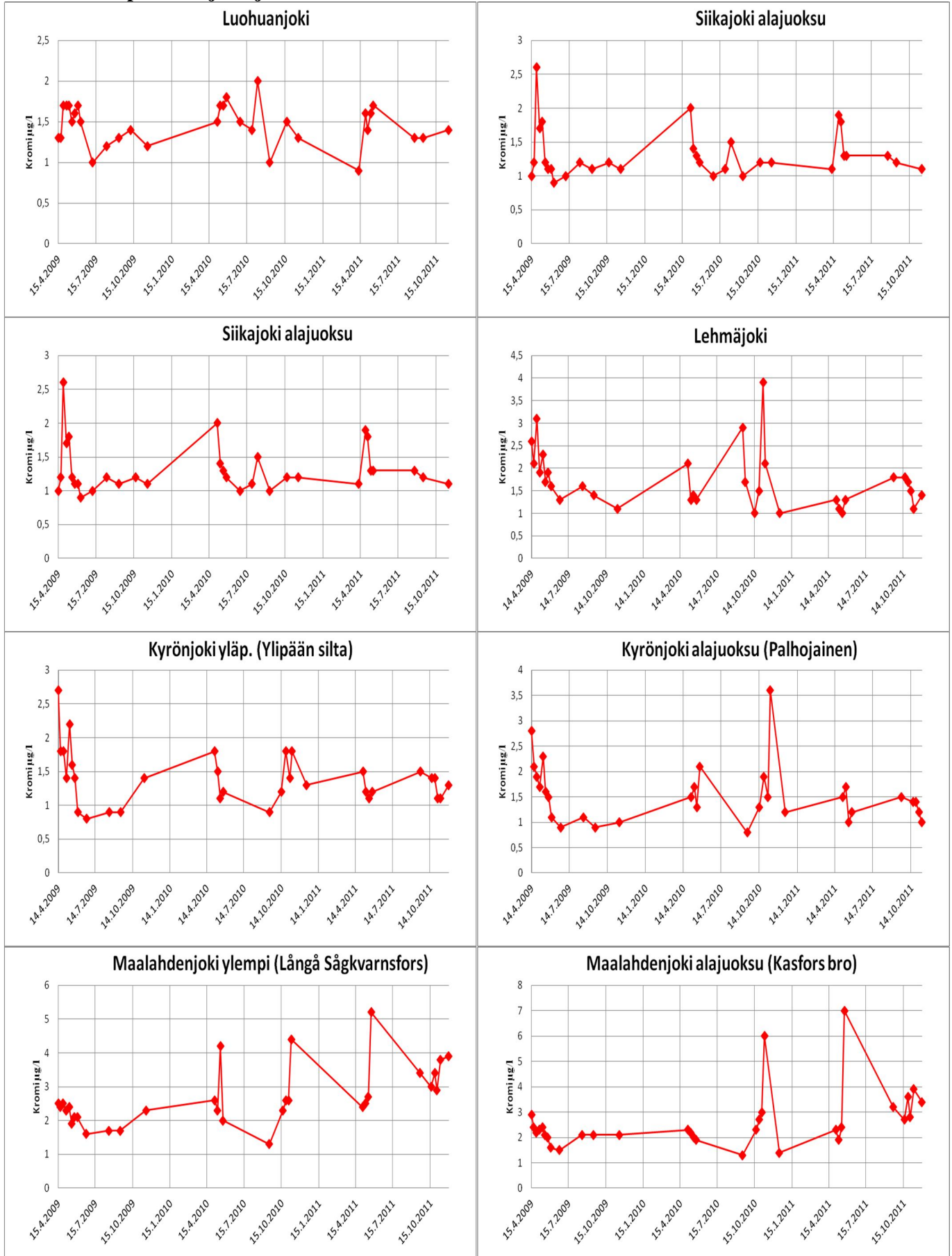


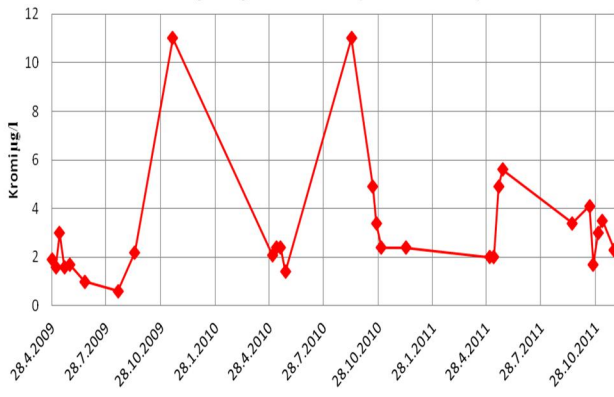
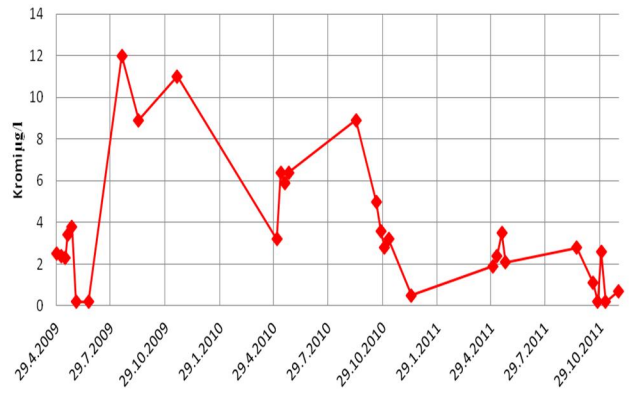
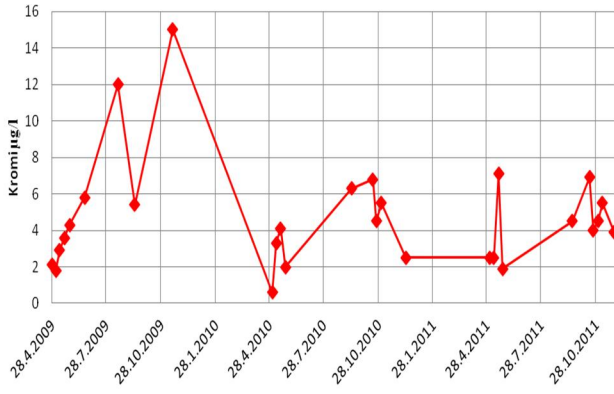
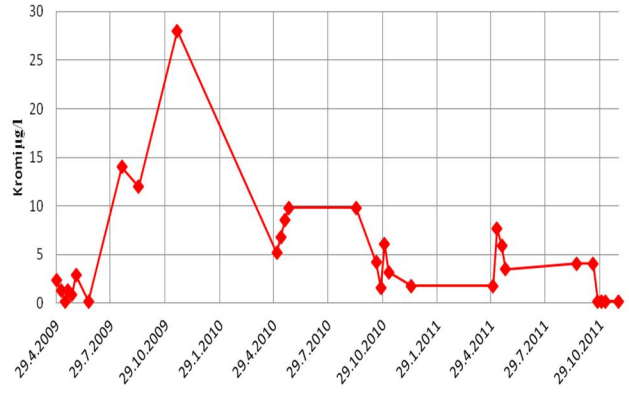
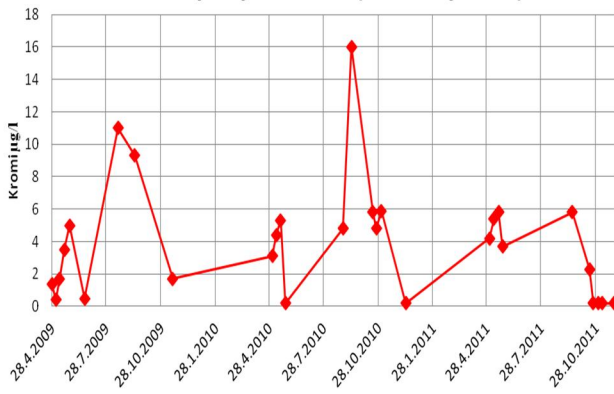
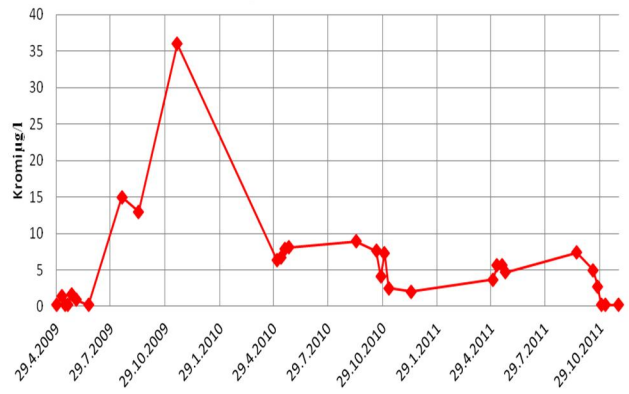
Liite 5. Sinkkipitoisuus joki- ja suistokohteissa.



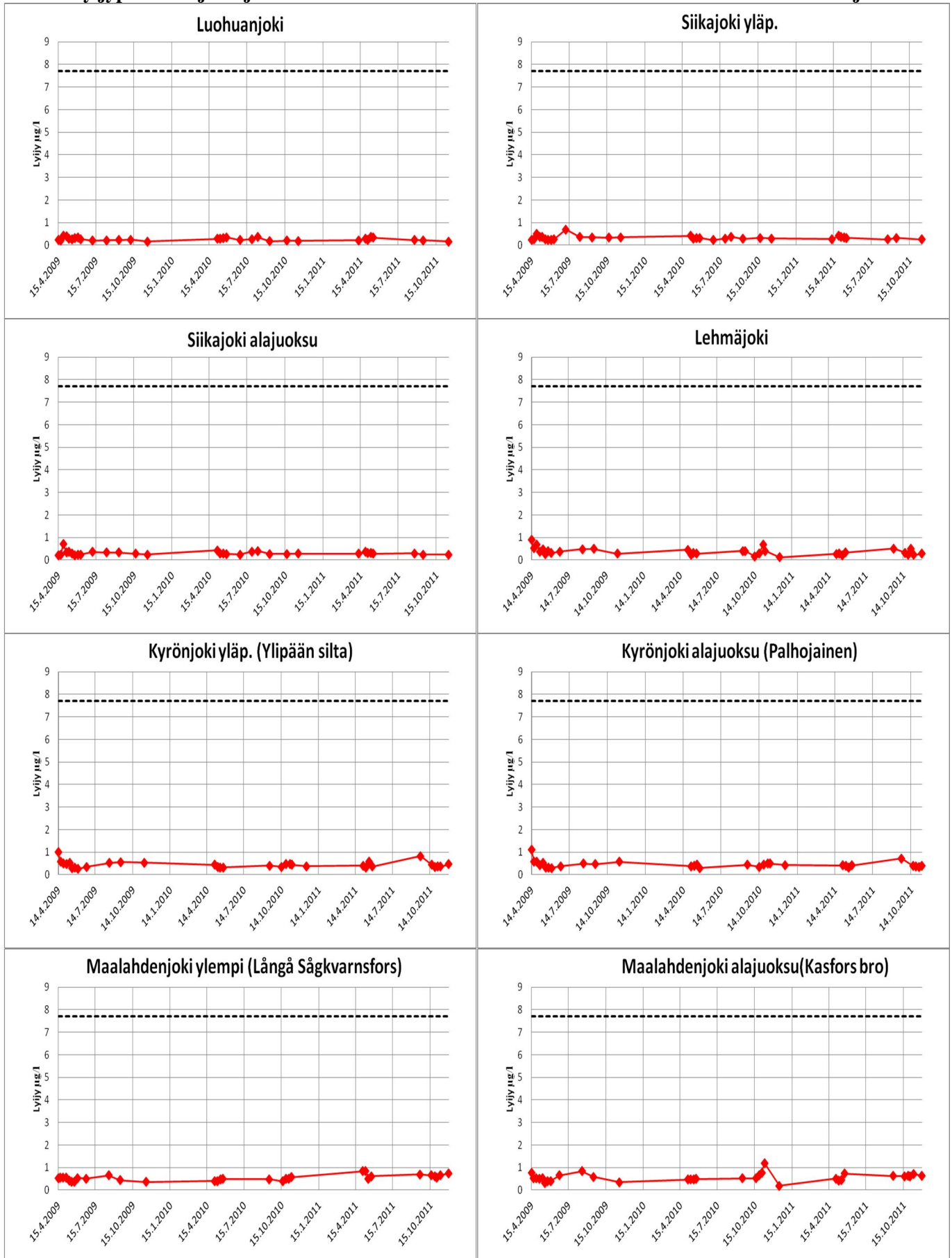
Kyrönjoensuisto (Vassor M 1)**Maalahdenjoensuisto (Stenskärlinjen 2)****Kyrönjoensuisto (Tottesund)****Maalahdenjoensuisto (Stenskärlinjen 3)****Kyrönjoensuisto (Pudimofjärden)****Maalahdenjoensuisto (Svartö hålet)**

Liite 6. Kromipitoisuus joki- ja suistokohteissa.

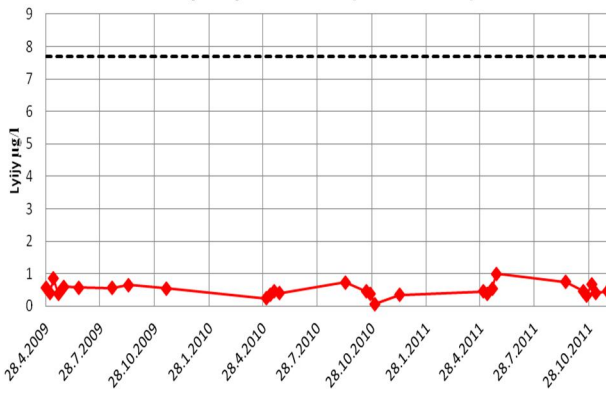


Kyrönjoensuisto (Vassor M 1)**Maalahdenjoensuisto (Stenskärlinjen 2)****Kyrönjoensuisto (Tottesund)****Maalahdenjoensuisto (Stenskärlinjen 3)****Kyrönjoensuisto (Pudimofjärden)****Maalahdenjoensuisto (Svartö hålet)**

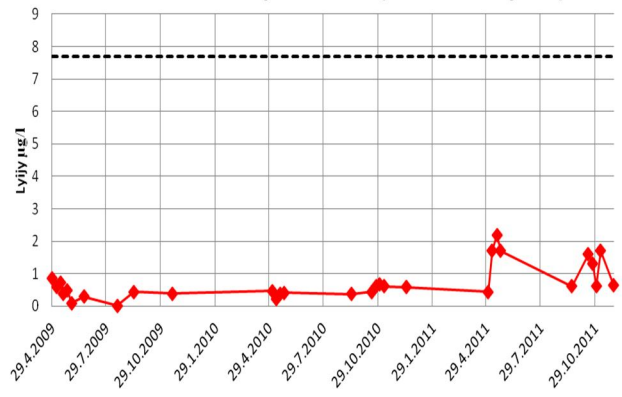
Liite 7. Lyijypitoisuus joki- ja suistokohteissa. Musta katkoviiva on vuosikeskiarvon laatu normiraja.



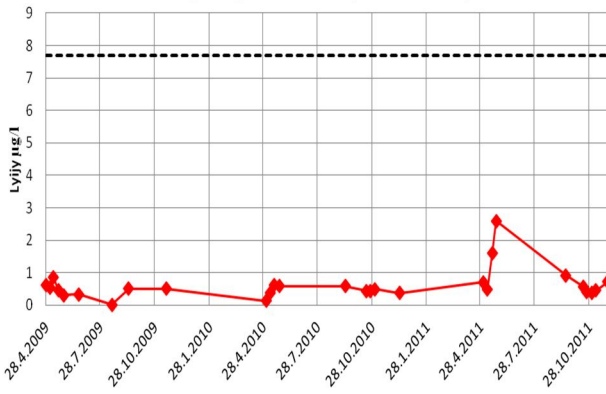
Kyrönjoen suisto (Vassor M 1)



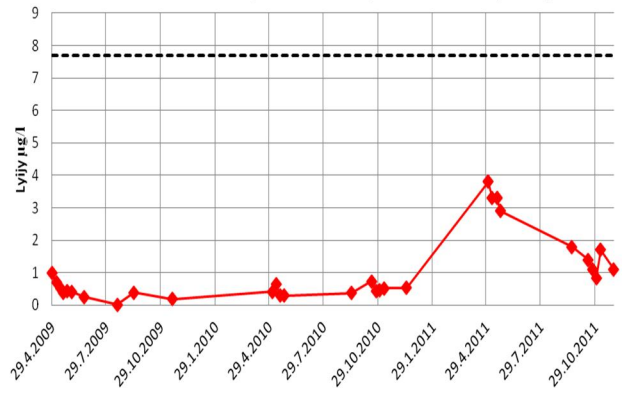
Maalahdenjoen suisto (Stensjärslinjen 2)



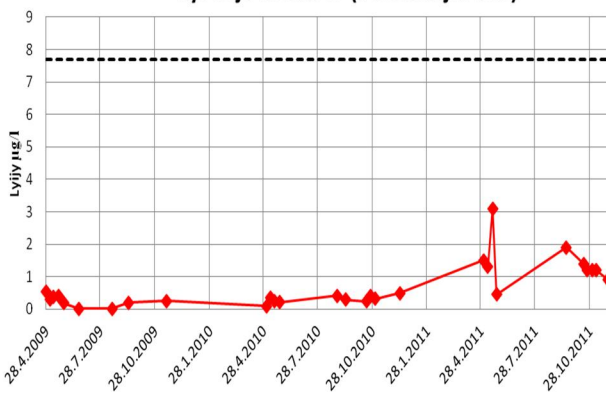
Kyrönjoen suisto (Tottesund)



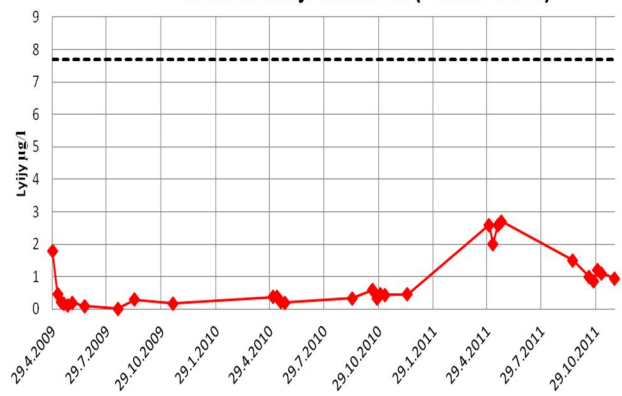
Maalahdenjoen suisto (Stensjärslinjen 3)



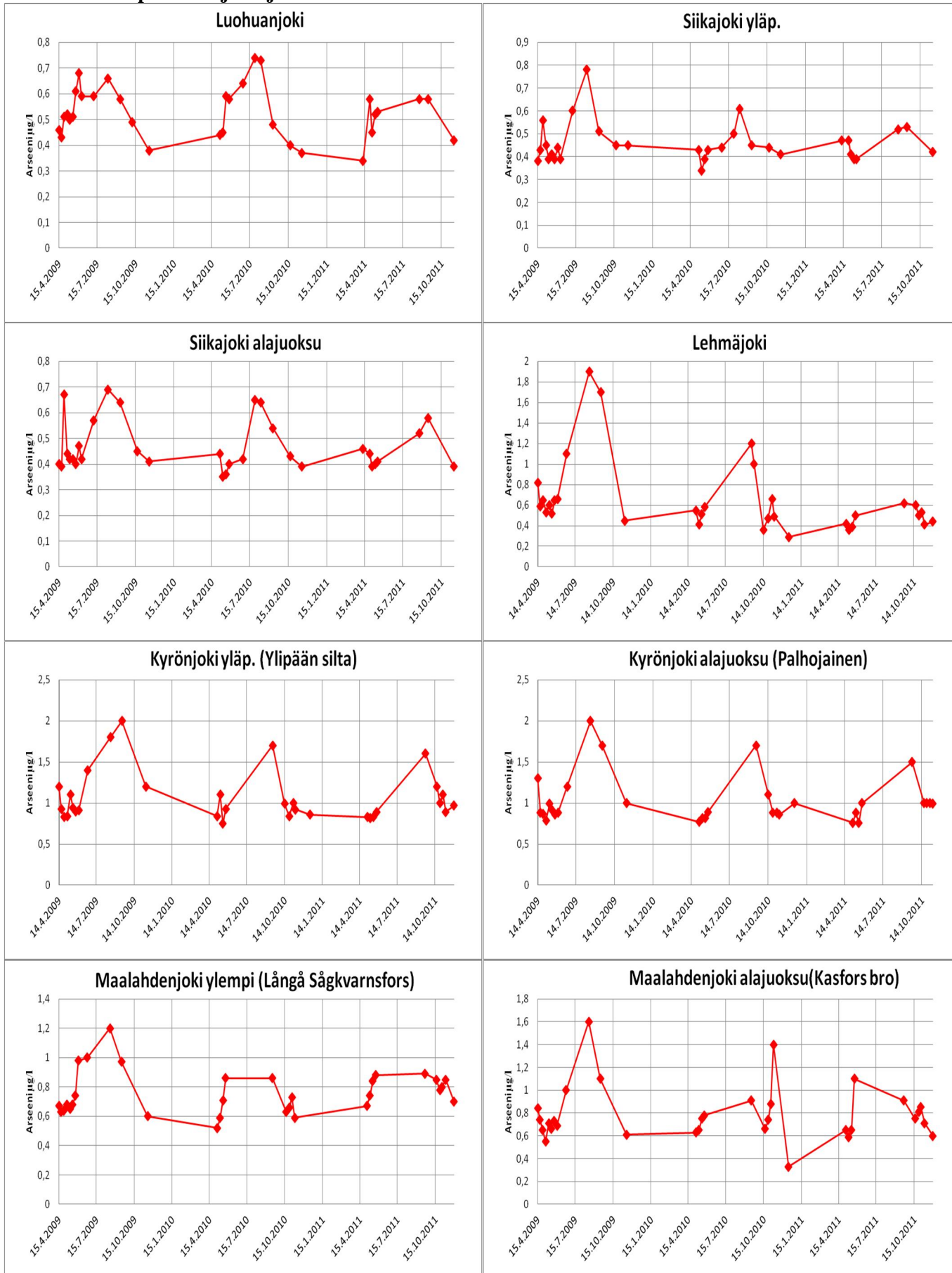
Kyrönjoen suisto (Pudimofjärden)



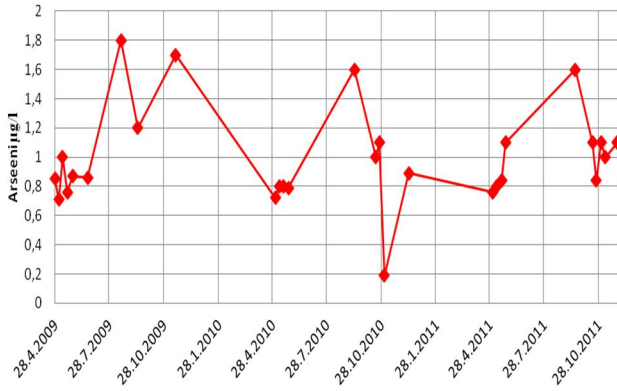
Maalahdenjoen suisto (Svartö hålet)



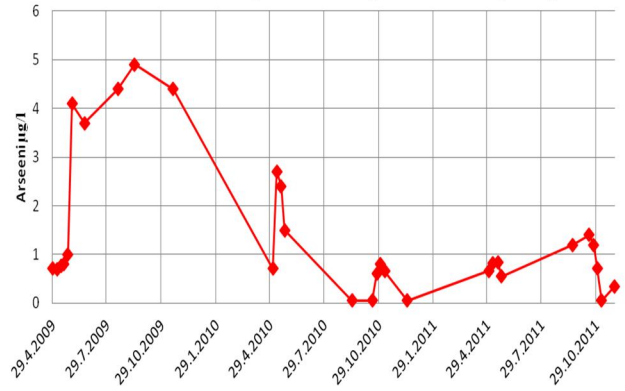
Liite 8. Arseenipitoisuus joki- ja suistokohteissa.



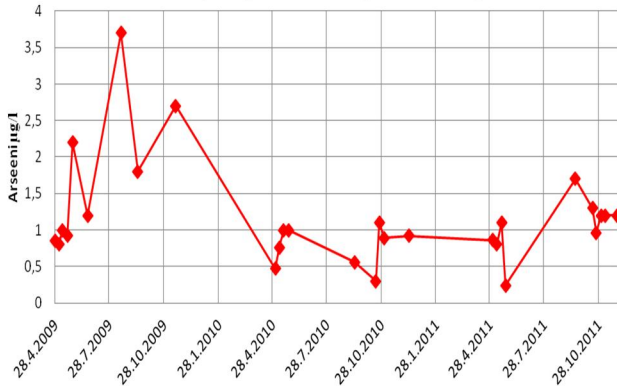
Kyrönjoensuisto (Vassor M 1)



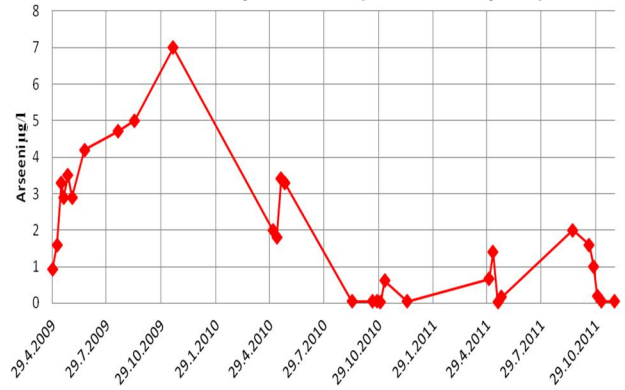
Maalahdenjoensuisto (Stenskärslinjen 2)



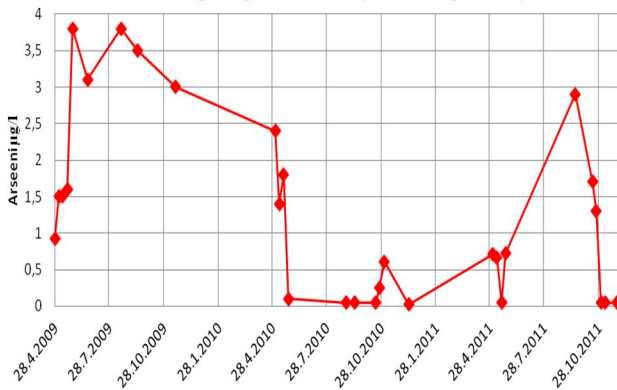
Kyrönjoensuisto (Tottesund)



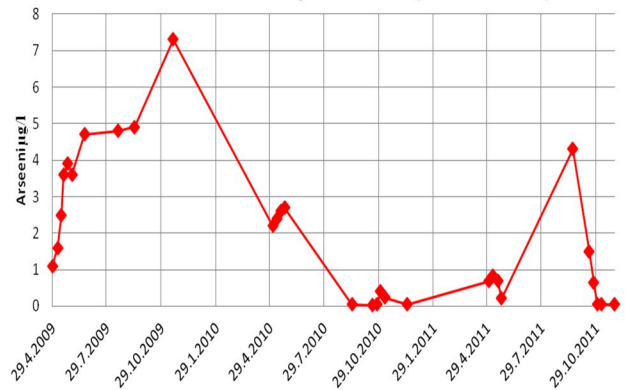
Maalahdenjoensuisto (Stenskärslinjen 3)



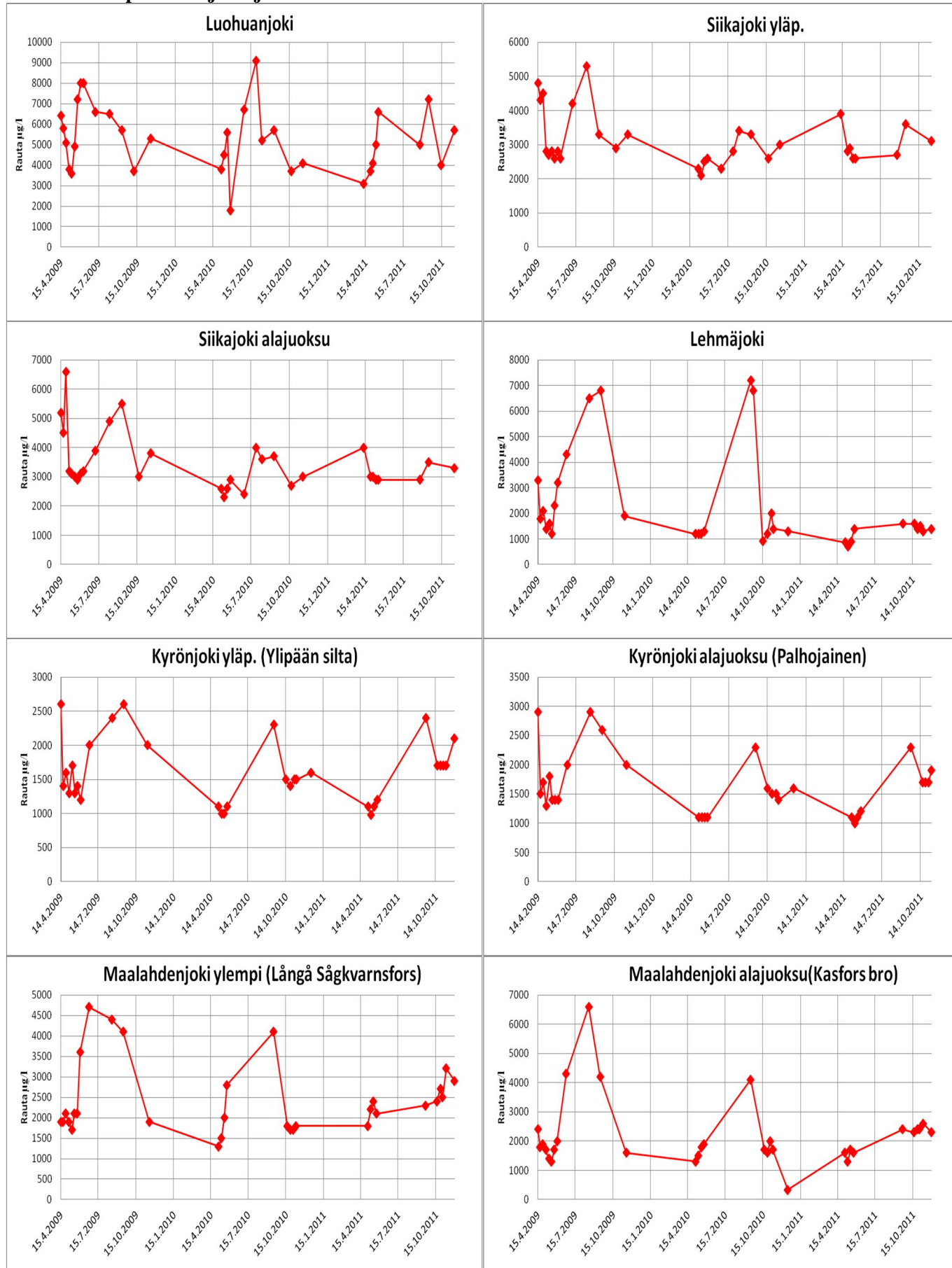
Kyrönjoensuisto (Pudimofjärden)

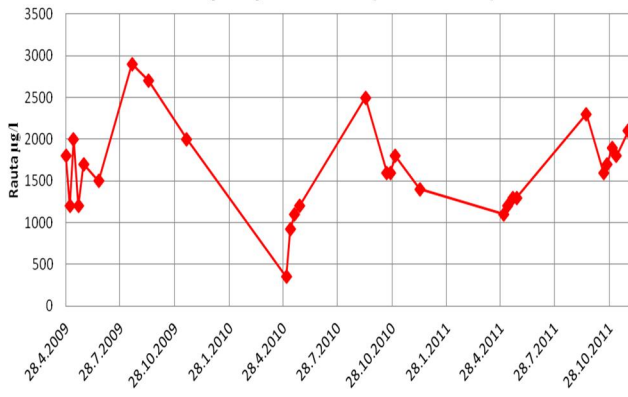
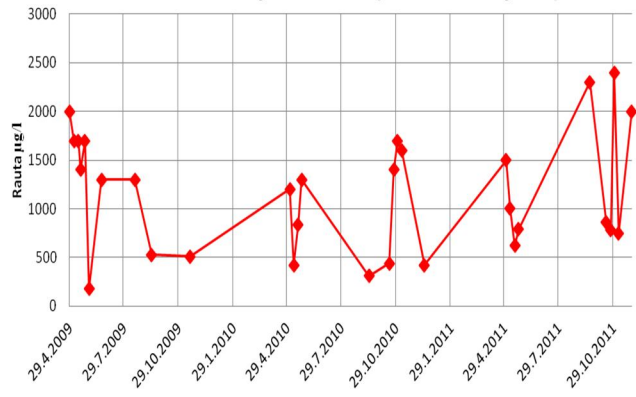
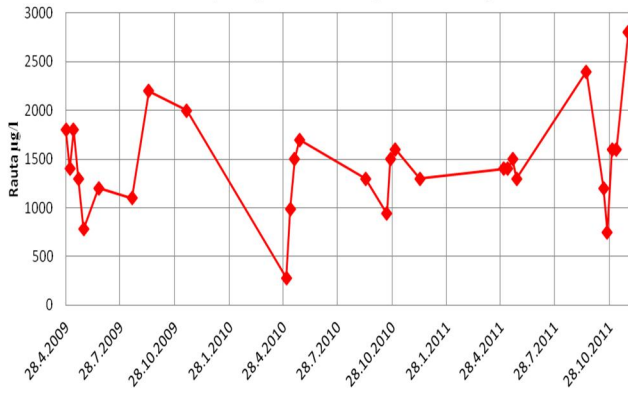
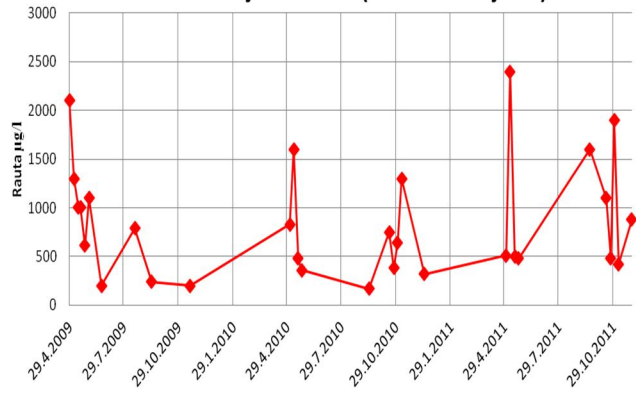
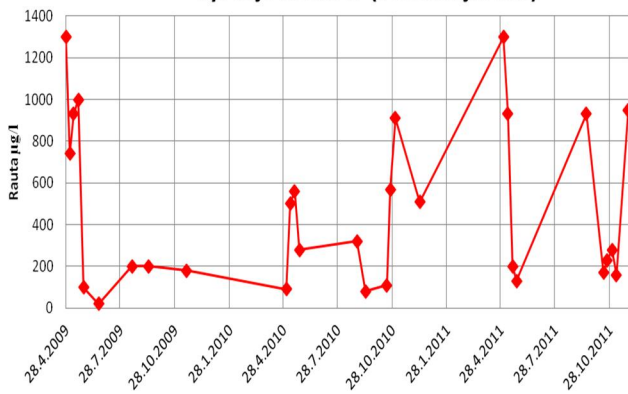


Maalahdenjoensuisto (Svartö hålet)



Liite 9. Rautapitoisuus joki- ja suistohteissa.



Kyrönjoensuisto (Vassor M 1)**Maalahdenjoensuisto (Stenskärslinjen 2)****Kyrönjoensuisto (Tottesund)****Maalahdenjoensuisto (Stenskärslinjen 3)****Kyrönjoensuisto (Pudimofjärden)****Maalahdenjoensuisto (Svartö hålet)**