

# Kokemäenjoen suunniteltujen ruoppausten sedimenttitutkimus

---

Raumanjuopa ja Luotsinmäenhaara

**Kaisa Lehto**  
**Maaperägeologian osasto**  
**Maantieteen ja geologian laitos**  
**Turun Yliopisto**  
**3.2.2011**

## Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	2
2. Aiemmat tutkimukset.....	2
3. Ruoppausmassan laatukriteerit ja tulosten normalisointi .....	3
4. Näytteenotto ja analysointimenetelmät .....	4
4.1 Näytteenotto .....	4
4.2. Analysointimenetelmät .....	6
5. Tulokset .....	8
5.1 Raumanjuopa 1 .....	9
5.2 Raumanjuopa 2 .....	11
5.3 Raumanjuopa 3 .....	12
5.4 Luotsinmäenhaara 4.....	12
5.5 Luotsinmäenhaara 5.....	13
5.6 Luotsinmäenhaara 6.....	13
6. Tulosten tarkastelu.....	14
6.1 Raumanjuopa .....	14
6.2 Luotsinmäenhaara.....	16
6.3 Vertailu aikaisempaan tutkimukseen .....	16
7. Yhteenveto.....	17

## Lähteet

<b>Liite 1</b>	Taulukko 5. Vertailutaulukko eri mittausmenetelmistä
<b>Liite 2</b>	Raumanjuopa 1: Profiili, raekokojakauma ja geokemia
<b>Liite 3</b>	Raumanjuopa 2: Profiili, raekokojakauma ja geokemia
<b>Liite 4</b>	Raumanjuopa 3: Profiili, raekokojakauma ja geokemia
<b>Liite 5</b>	Luotsinmäenhaara 4: Profiili, raekokojakauma ja geokemia
<b>Liite 6</b>	Luotsinmäenhaara 5: Profiili, raekokojakauma ja geokemia
<b>Liite 7</b>	Luotsinmäenhaara 6: Profiili, raekokojakauma ja geokemia

## 1. Johdanto

Työn tavoitteena oli selvittää Kokemäenjoen pohjasedimenttien geokemiallinen koostumus Porin keskustan kohdalta. Porin kaupunki suunnittelee joen ruoppaamista Raumanjuovan ja Luotsinmäenhaaran kohdalta osana vuonna 2003 käynnistettyä tulvasuojeluprojektia. Ruoppauksella halutaan estää jäiden kerääntyminen Kirjurinluodonhaaraan ja sitä kautta joen tulviminen. Jokea on edellisen kerran ruopattu 1980-luvulla.

## 2. Aiemmat tutkimukset

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys Ry (Oravainen 2006) suoritti Kokemäenjoen suuosan sedimenttitutkimuksen Pihlavanlahdella keväällä 2006. Tutkimuksessa analysoitiin näytteitä seitsemältä eri pisteeltä ja näytteenottosyvyydeltä 0-60 cm. Tutkimuksen mukaan kohonneita pitoisuuksia todettiin kadmiumin, kuparin ja elohopean osalta kahdella eri näytepisteellä. Pintasedimentin osalta kupari ja kadmiumpitoisuudet ylittivät tason 2 ja syvemmällä taso 2 ylittyi myös elohopean osalta. Tason 1 ylittäviä pitoisuuksia todettiin myös sinkillä, kromilla ja lyijyllä. Tutkimuksen yhteenvedossa todettiin, että väylän ruoppaaminen Pihlavanlahdella paljastaisi pilaantuneet sedimenttikerrokset ja vaarana olisi tällöin, että raskasmetallit pääsisivät uudelleen vesifaasiin.

Kokemäenjoen suistosta on tehty myös sedimenttiselvitys (Cripps *et al.* 2009), jonka tarkoituksena oli määrittää suistoon kerrostuneen maa-aineksen luonne ja kemialliset ominaisuudet. Selvitys tukee myös alueella mahdollisesti tehtävien kaivu- ja ruoppaustöiden sekä siten myös tulvahaittojen vähentämiseen liittyvien toimenpiteiden suunnittelua. Tässä Raumanjuovan ja Luotsinmäenhaaran sedimenttitutkimuksessa analysoidut hiekkakerrokset voidaan katsoa kuuluvaksi sedimenttiselvityksessä (Cripps *et al.* 2009) esiteltyyn Lanajuopa-muodostumaan ja silttisemmät kerrokset kuuluvaksi Hevosluoto-muodostumaan.

### 3. Ruoppausmassan tulosten normalisointi ja laatukriteerit

Ympäristöministeriön (2004) laatiman sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaan haitta-aineet kiinnittyvät erityisesti hienoainekseen ja siten aineksen raekoko säätelee niiden esiintymistä sedimentissä. Hienoainekoostumuksen vaikutus haitta-ainepitoisuuksiin korjataan siten normalisoinnilla. Normalisoinnilla tarkoitetaan sitä, että mitatut pitoisuudet muutetaan vastaamaan standardisedimentin koostumusta, jossa savea on 25 % ja orgaanista ainesta 10 %. Normalisoinnit tehdään muunnoskaavojen avulla. Haitta-ainepitoisuuksia voidaan normalisoinnin jälkeen vertailla eri alueiden välillä.

Ympäristöministeriön (2004) ohjeessa on esitetty ruoppausmassoille laatukriteerit. Laatukriteerien avulla voidaan arvioida ruoppausmassan läjityskelpoisuutta ottaen kuitenkin paikalliset olosuhteet huomioon. Ohjeessa haitta-aineelle on esitetty kaksi tasoa: alempi (taso 1) ja ylempi (taso 2) ja läjityskelpoisuus luokitellaan seuraavasti (YM 2004):

- Haitaton ruoppausmassa eli normalisoiduilla haitta-ainepitoisuuksiltaan alemman tason (taso 1) alittava ruoppausmassa, josta aiheutuvia haittoja voidaan yleisesti pitää kemiallisen laadun puolesta meriympäristölle merkityksettöminä. Ruoppausmassa on mereen läjityskelpoista.
- Mahdollisesti pilaantunut ruoppausmassa, jonka normalisoidut haitta-ainepitoisuudet asettuvat tasojen 1 ja 2 väliin. Mahdollisesti pilaantuneen sedimentin läjityskelpoisuus on arvioitava tapauskohtaisesti.
- Pilaantunut ruoppausmassa eli normalisoitujen haitta-ainepitoisuuksiltaan ylemmän tason (taso 2) ylittävä ruoppausmassa, jota pidetään haitallisuuden takia pääsääntöisesti mereen läjityskelvottomana (voidaan sijoittaa mereen, jos maalle sijoittamisen vaihtoehto on ympäristön kannalta huonompi ratkaisu)

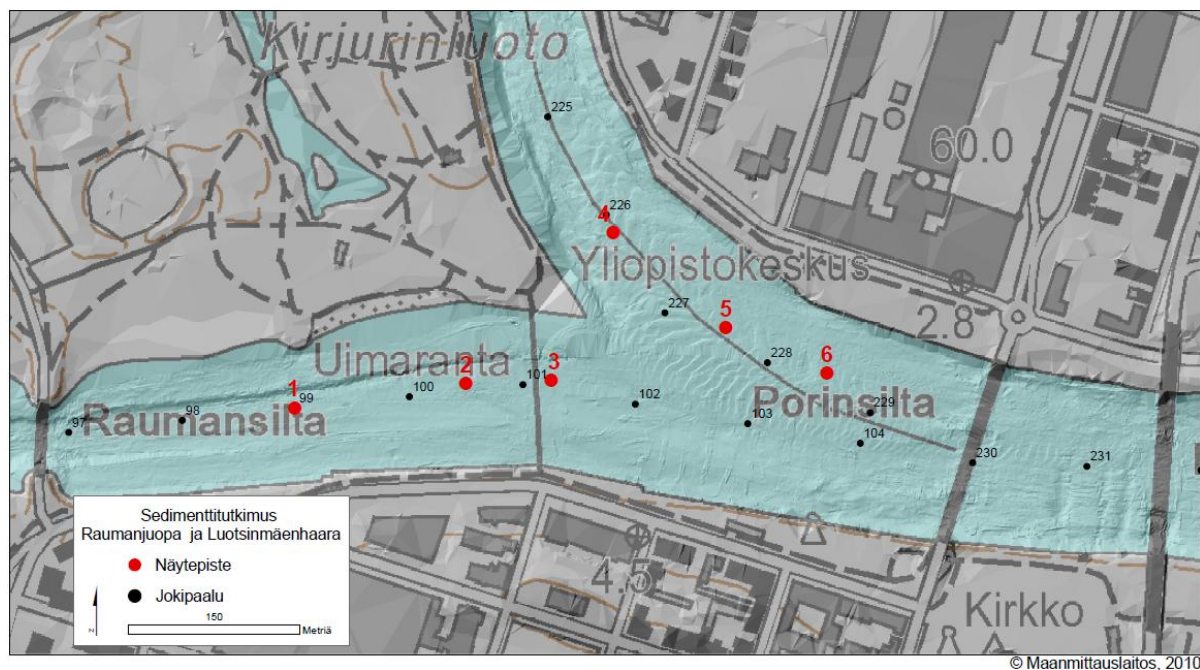
Taulukko1. Ruoppausmassojen laatuksiteerit normalisoiduille pitoisuuksille.

Aine	Taso 1	Taso 2
	mg/kg kuiva-ainetta	
Elohopea (Hg)	0,1	1
Kadmium (Cd)	0,5	2,5
Kromi (Cr)	65	270
Kupari (Cu)	50	90
Lyijy (Pb)	40	200
Nikkeli (Ni)	45	60
Sinkki (Zn)	170	500
Arseeni (As)	15	60
	µg/kg kuiva-ainetta	
PCB-28	1	30
PCB-52	1	30
PCB-101	4	30
PCB-118	4	30
PCB-138	4	30
PCB-153	4	30
PCB-180	4	30

#### 4. Näytteenotto ja analysointimenetelmät

##### 4.1 Näytteenotto

Sedimenttinäytteet otettiin 14.–15.12.2010, kun Kokemäenjoen jääpeite oli muodostunut riittävän paksuksi, jotta näytteet voitiin kairata jään päältä. Näytteitä otettiin kuudelta eri pisteeltä (taulukko 2). Näytepisteet RA1-3 sijaitsivat Raumanjuovassa ja näytepisteet LU4-6 Luotsinmäenhaarassa (kuva 1). Ensimmäisenä päivänä otettiin näytteet näytepisteiltä RA1-3 ja LU4. Näytteet otettiin pääasiassa venäläisellä suokairalla (kuva 2), mutta sedimenttiaineksen ollessa syvimmissä kohdissa erittäin tiivistä, jouduttiin käyttämään minivenäläistä tai läpivirtauskairaa.



Kuva1. Näytepisteet Raumanjuovassa ja Luotsinmäenhaarassa (Jokimalli 2010)

Taulukko2. Näytepisteet, koordinaatit ja näytesyvyyydet.

Näytepiste	Näytetunnus		Koordinaatit/ETRS-GK22		Korkeus N2000	
1	1.	RA1/1	6820217.2	22488766.7	-3,3	-3,7
	2.	RA1/2			-3,7	-4,1
2	3.	RA2/1	6820249.6	22488914.4	-2,45	-2,75
	4.	RA2/2			-2,75	-3,2
	5.	RA2/3			-3,2	-3,7
	6.	RA2/4			-3,7	-4
3	7.	RA3/1	6820258.5	22488988.7	-2,65	-3
	8.	RA3/2			-3	-3,5
	9.	RA3/3			-3,5	-4
4	10.	LU4/1	6820391.4	22489032.9	-3,6	-3,9
	11.	LU4/2			-3,8	-4,1
	12.	LU4/3			-4,1	-4,5
	13.	LU4/4			-4,9	-5,1
5	14.	LU5/1	6820316.1	22489137.6	-3,1	-3,5
	15.	LU5/2			-3,5	-4,1
	16.	LU5/3			-4,1	-4,5
	17.	LU5/4			-4,6	-5,1
6	18.	LU6/1	6820283.3	22489229.0	-3,6	-4
	19.	LU6/2			-4	-4,6
	20.	LU6/3			-4,6	-5

Raumanjuovassa näytteenoton tavoitesyvyys oli -4,13 m ja Luotsinmäenhaarassa -5,13 m (N2000). Suunnitellut ruoppaustasot ovat Raumanjuovassa -3,6 ja Luotsinmäenhaarassa -4,1 ja -4,6 (N2000). Näytepisteessä LU4 kokeiltiin läpivirtauskairaa kobran avustuksella, koska venäläisellä suokairalla ei pohjankovuuden takia päästy tavoitesyvyyteen. Näytteet pakattiin sellaisenaan halkaistuun muoviputkeen ja peitettiin muovilla. Muutamat näytteet jouduttiin pussittamaan. Näytteiden jako geokemiallista- ja raekokoanalyysia varten tehtiin Geologian laitoksen laboratoriossa. Kairanäytteet jaettiin osanäytteisiin siten, että sedimentin pinnasta otettiin noin 30 cm:n osanäyte ja sen jälkeen näyte jaettiin n. 50 cm:n pätkiin näytteenottosyvyyteen asti. Mahdollisuuksien mukaan osanäytteet katkaistiin N2000 korkeusjärjestelmän tasolle (esim. -4 ja -4,5 ). Näytteitä säilytettiin laitoksen kylmävarastossa +4 °C:ssa.



Kuva2. Näytteenottoa Kokemäenjoella.

## 4.2. Analysointimenetelmät

### *Geokemia*

Sedimenttinäytteistä tehtiin geokemialliset analyysit Labtium Oy:n laboratoriossa Espoossa. Näytteistä määritettiin elohopea, kupari, kadmium, kromi, nikkeli, sinkki, lyijy, arseeni, PCB-yhdisteet (polyklooratut bifenyylit) ja

orgaanisen aineksen pitoisuus. Näytteet kuivattiin +40 °C:ssa ja seulottiin alle 2 mm:n raekokoon. Näytteille tehtiin typpihappoliuotus mikroaaltouunissa (menetelmä 503) ja sen jälkeen suoritettiin monialkuainemääritys ICP-MS-tekniikalla. Elohopean määrittäminen tehtiin AFS-tekniikalla. Näytteistä määritettiin myös kuiva-aine ja kosteuspitoisuus gravimetrisesti sekä orgaanisen aineen pitoisuus hehkutushävionä 550 °C:ssa. Määrittämistulokset ilmoitettiin kuiva-ainepitoisuuksina. PCB-yhdisteet määritettiin GC-MS-tekniikalla ja alkuperäiset tulokset ovat pitoisuuksina tuorepainosta. (Labtium 2010)

### *Raekoko*

Geologian laitoksen laboratoriossa tehtiin näytteille raekokoanalyysit. Näytteet kuivattiin ennen seulontaa 105 °C:ssa yön yli. Näytteet punnittiin ennen ja jälkeen kuivauksen ja näin saatiin määritettyä näytteille myös vesipitoisuus tuorepainosta (taulukko 3). Kuivattu näyte seulottiin seulasarjalla: 0.063, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 ja 4 mm. Hienoainespitoisia näytteitä seulottiin 20 min 2 mm:n amplitudilla ja karkeampia 15 min 2,5 mm:n amplitudilla. Seulotusta näytteestä otettiin talteen alle 0.063 mm:n fraktio, josta tehtiin vielä analyysi Coulter Ls 200 -hiukkasmittarilla. Hiukkasmittari on laserdiffraktioon perustuva mittauslaite.

Näytteet nimettiin d50-arvon ja Geoteknisen maalajiluokittelun mukaan. Näytteistä LU4/2 ja 3 sekä LU6/1,2 ja 3 ei tehty hiukkasmittarianalyysia, koska näytteiden hienoainespitoisuus (< 0,063 mm) oli alle 3 %. Ennen hiukkasmittarianalyysia näytteestä poltettiin orgaaninen aines pois 35 %:lla vetyperoksidilla. Hiukkasmittarilla saatua näytteen savi-pitoisuutta (< 0,002 mm) käytettiin geokemiallisten tulosten normalisoinnissa.

Näytteistä RA2/2, RA2/4, RA3/1, RA3/2, RA3/3 ja LU5/4 määritettiin savipitoisuus myös automaattipipettimenetelmällä. Automaattipipetti menetelmä perustuu Stokesin lakiin. Automaattipipetillä otetaan peptisaattoriliuokseen lietetystä maanäytteestä 20 ml:n näytteitä. Näytteet otetaan tietyiltä syvyyksiltä määrättyinä ajankohtina sedimentaation alkamisesta mitattuna. Kuivattujen näytteiden massojen avulla voidaan laskea eri raekokoja vastaavat läpäisyprosentit. Automaattipipetillä saatuja savipitoisuuksia verrattiin Coulter-



analyssaattorilla saatuihin tuloksiin ja metallien normalisoidut pitoisuudet laskettiin myös näillä tuloksilla (taulukko 5/liite 2.)

Näytepisteistä piirrettiin yleistetyt sedimenttiprofiilit, lukuun ottamatta pistettä LU4, josta ei saatu ehjiä kairanäytteitä kovan virtauksen ja aineksen karkeuden takia. Raumanjuovan sedimenttinäytettä kuvassa 3.



Kuva3. Näyte Raumanjuovasta.

## 5. Tulokset

Geokemiallisen analyysin tulokset ja normalisoidut alkuainepitoisuudet on esitetty taulukossa 3. Raskasmetallipitoisuudet on esitetty mg/kg kuiva-ainetta ja PCB-yhdisteet  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuiva-ainetta. Normalisoituja pitoisuuksia verrataan sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa annettuihin raja-arvoihin (YM 2004). PCB-yhdisteiden pitoisuudet on esitetty taulukossa 4.

Alkuperäisiä mitattuja alkuainepitoisuuksia verrataan myös Valtioneuvoston asetuksessa (2007) annettuihin maaperän pilaantuneisuutta määrittäviin kynnys- ja raja-arvoihin. Asetuksen mukaan maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava, jos yhden tai useamman haitallisen aineen

pitoisuus maaperässä ylittää kynnysarvon. Maaperää pidetään asetuksen mukaan pilaantuneena, jos yhden tai useamman aineen pitoisuus ylittää alemman ohjearvon.

Taulukko 3. Näytteiden mitatut pitoisuudet ja normalisoidut pitoisuudet. Punaisella merkityt pitoisuudet ylittävät tason 1.

Näyte	Hg		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	H2O	Muodos- tuma						
	mg/kg 503H	Norm. pit.										mg/kg 503M	Norm. pit.	mg/kg 503M	Norm. pit.	mg/kg 503M	Norm. pit.
1. RA1/1	1,3	0,88	2,19	0,28	0,51	13,5	25,7	17,7	39,1	9,31	28,8	6,00	9,8	32,2	81,6	26	Lanajuopa
2. RA1/2	20,8	3,67	5,09	0,15	0,19	36,3	39,6	17,9	21,7	20,8	23,6	6,02	6,9	55,9	66,4	35	Hevosluoto
3. RA2/1	1,1	0,70	1,73	0,22	0,41	7,78	14,9	5,84	13,1	7,11	22,4	2,83	4,6	19,9	51,3	28	Lanajuopa
4. RA2/2	2	1,38	2,38	0,40	0,71	17,4	32,2	8,61	18,2	12,8	37,3	3,88	6,2	31,7	76,4	30	Lanajuopa
5. RA2/3	1,4	1,01	2,60	0,28	0,51	12,4	23,5	17,5	38,3	11,4	35,0	4,75	7,7	33,5	84,2	25	Lanajuopa
6. RA2/4	6,1	1,99	3,86	0,40	0,65	28,4	45,7	37,7	68,4	17,8	38,7	8,61	12,6	52,2	102,5	39	Hevosluoto
7. RA3/1	1,6	1,55	4,37	0,45	0,80	21,3	40,0	32,9	70,1	19,0	57,3	7,60	12,2	54,4	133,3	23	Lanajuopa
8. RA3/2	1,8	1,19	5,43	0,31	0,56	22,1	41,2	40,1	86,0	14,8	43,9	11,4	18,3	53,8	131,7	25	Lanajuopa
9. RA3/3	1,3	0,87	4,47	0,37	0,68	16,0	30,4	22,3	49,3	11,9	36,9	10,7	17,4	46,8	118,7	21	Lanajuopa
10. LU4/1	1	0,60	2,29	0,20	0,37	7,33	14,1	5,52	12,5	8,02	25,5	4,89	8,1	30,1	78,2	22	Lanajuopa
11. LU4/2	0,8	0,53	2,62	0,12	0,23	6,62	12,8	4,53	10,3	6,82	22,1	6,20	10,3	29,7	78,2	22	Lanajuopa
12. LU4/3	0,8	0,46	3,21	0,11	0,21	6,49	12,6	3,32	7,6	6,17	20,0	7,17	11,9	29,6	78,1	22	Lanajuopa
13. LU4/4	2,8	0,65	3,41	0,15	0,27	16,1	29,0	9,09	19,2	12,0	32,8	6,39	10,2	35,6	83,9	15	Lanajuopa
14. LU5/1	0,4	0,49	1,65	0,19	0,36	6,27	12,3	3,51	8,1	7,80	26,3	3,92	6,6	26,0	70,1	21	Lanajuopa
15. LU5/2	0,6	0,77	3,60	0,17	0,32	7,95	15,5	8,39	19,1	7,97	26,3	8,17	13,5	36,7	97,0	24	Lanajuopa
16. LU5/3	0,8	0,44	3,78	0,18	0,34	9,69	18,8	6,66	15,2	7,90	25,6	9,33	15,5	35,5	93,7	22	Lanajuopa
17. LU5/4	2,15	3,57	5,57	0,13	0,16	41,8	45,0	19,5	23,4	24,2	26,9	6,56	7,4	63,5	74,2	41	Hevosluoto
18. LU6/1	0,5	0,45	2,16	0,13	0,25	8,21	16,1	2,16	5,0	8,31	27,7	5,08	8,5	27,4	73,5	22	Lanajuopa
19. LU6/2	0,5	0,67	3,28	0,28	0,53	10,6	20,8	23,1	52,9	11,6	39,7	7,54	12,5	41,2	109,9	21	Lanajuopa
20. LU6/3	2,67	0,63	3,79	0,22	0,40	9,23	16,7	8,10	17,2	10,1	27,9	12,6	20,1	48,1	114,2	23	Lanajuopa
Taso 1				0,5	0,5	65	65	50	50	45	45	40	40	170	170		
Taso 2				2,5	2,5	270	270	90	90	60	60	200	200	500	500		
Maaperän kynnysarvo			5	1	100	100	100	100	100	50	50	60	60	200	200		
Maaperän aiempi ohjearvo		2	50	10	200	200	150	150	100	100	100	200	200	250	250		

Normalisointikaava metallille:

$$C_{korj.} = C * (a+b*25+c*10)/(a+b*savi+c*org.aines)$$

C<sub>korj.</sub> = pitoisuus standardisoidussa

C = mitattu pitoisuus kuiva-ainetta

savi = saven %- osuus kuivapainosta

org.aines = orgaanisen aineksen %-osuus kuivapainosta (hehkutushäviönä)

a, b, c = vakiot eri metallille (ks. YM 2004)

Taulukko 4. PCB-pitoisuudet näytteissä.

Näyte	PCB-28	PCB-52	PCB-101	Pit.ka	NormPit	PCB-118	PCB-153	Pit.ka	NormPit	PCB-138	Pit.ka	NormPi	PCB-180	Pit.ka	NormPit	Kok.pit.
1. RA1/1	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
2. RA1/2	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
3. RA2/1	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
4. RA2/2	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
5. RA2/3	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
6. RA2/4	<2,0	<2,0	2,9	4,75	24	<2,0	6,2	10,2	51	7,2	11,8	59	4,0	6,6	33	102
7. RA3/1	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
8. RA3/2	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
9. RA3/3	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
10. LU4/1	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
11. LU4/2	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
12. LU4/3	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
13. LU4/4	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
14. LU5/1	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
15. LU5/2	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
16. LU5/3	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
17. LU5/4	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
18. LU6/1	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
19. LU6/2	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
20. LU6/3	<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0			<2,0			<2,0			<10
Taso 1	1	1			4	4			4			4			4	
Taso 2	30	30			30	30			30			30			30	

Alkuperäiset pitoisuudet µg/kg tuorepainosta. Normalisointia varten laskettu ensin pitoisuus kuiva-aineena (pit.ka) käyttämällä määritettyä kosteuspitoisuutta.

Punaisella merkityt arvot ylittävät tason 1 tai tason 2.

Pitoisuudet (pit.ka) jäävät alle maaperän kynnysarvon 100 µg/kg (VNA 2007).

**Normalisointiin käytetty laskukaava:**

Ckorj. = C \* 10 / org.aines

Ckorj. = pitoisuus standardisedimentissä

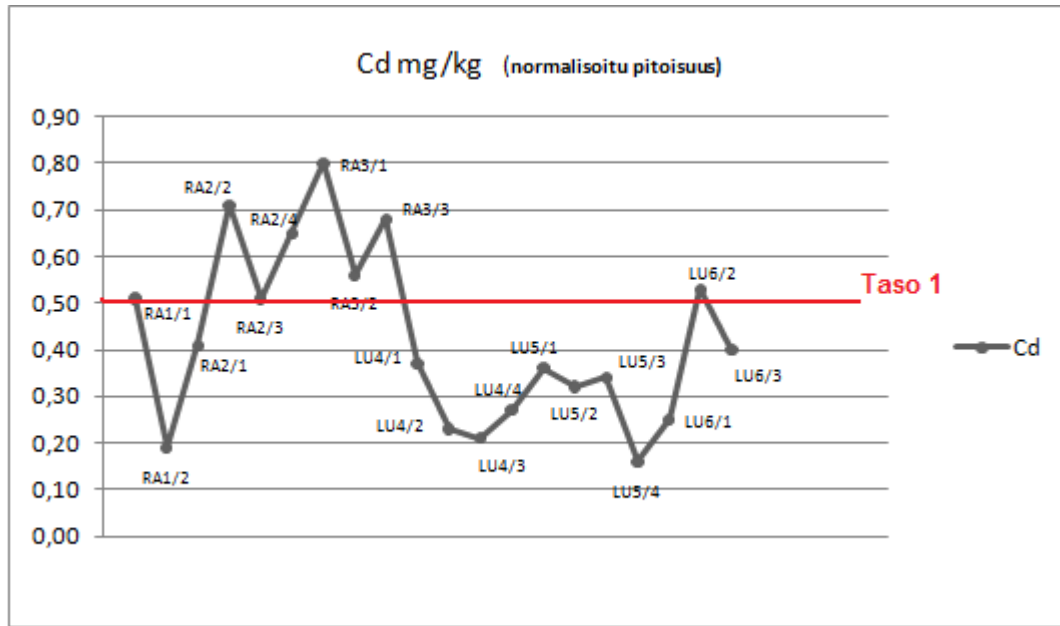
C = mitattu pitoisuus kuiva-ainetta

Org. Aines = orgaanisen aineksen osuus hehketushäviönä (väliltä 2-30 %)

## 5.1 Raumanjuopa 1

Näytepisteeltä RA1 otettu sedimenttinäyte analysoitiin kahdessa osassa. Näyte RA1/1 oli hienoa/keskihiekkaa, ja sen savipitoisuus oli 1,3 %. Näyte RA1/2 oli silttiä ja savipitoisuus 20,8 %. Näytteiden vesipitoisuus oli 26 – 35 % tuorepainosta. Näytepisteiden profiili, raekokojakauma ja geokemia neljän raskasmetallin osalta on esitetty liitteessä 2.

Näytepisteellä orgaanisen aineksen pitoisuus vaihteli välillä 0,88 – 3,65 %. Alkuainepitoisuudet kasvavat syvemmälle mentäessä poikkeuksena kadmiumpitoisuus. Pinnanäytteessä RA1/1 kadmiumin normalisoitu pitoisuus ylittää niukasti tason 1, joka on 0,5 mg/kg (kuva 4). Muut alkuainepitoisuudet jäävät tason 1 alle ja elohopeapitoisuus alle sen määritysrajan 0,04 mg/kg. PCB-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määritysrajan 2,0 µg/kg.



Kuva4. Kadmiumin pitoisuus kaikilla näytepisteillä. Punainen viiva ilmaisee kadmiumille tason 1 (0,5 mg/kg).

## 5.2 Raumanjuopa 2

Näytepisteen RA2 sedimenttinäyte analysoitiin neljässä osassa. Näytteiden raakoostumus vaihteli hienosta hiekasta keskihiekkaan. Savipitoisuudet vaihtelivat välillä 1,1 – 6,1 % kasvaen pääasiassa syvemmälle mentäessä. Näytteistä RA2/2 ja RA2/4 savipitoisuus määritettiin myös automaattipipetillä. Näytteiden vesipitoisuudet vaihtelivat välillä 25 – 39 % tuorepainosta. Näytepisteen profiili, raekokojakauma ja geokemia neljän raskasmetallin osalta on esitetty liitteessä 3.

Orgaanisen aineksen pitoisuus vaihteli välillä 0,7–1,99 %. Elohopeapitoisuus jäi näytepisteellä pääasiassa alle määritysrajan (0,04 mg/kg), poikkeuksena näyte RA2/4, jossa pitoisuus normalisoituna ylsi juuri tasolle 1. Arseenin, kromin, nikkelin, lyijyn ja sinkin normalisoidut pitoisuudet jäivät kaikissa näytteissä alle tason 1. Kadmium normalisoidut pitoisuudet ylittävät tason 1 (0,5 mg/kg) näytteissä RA2/2-4, ainoastaan pintanäytteen pitoisuus jää sen alle. Myös kuparin normalisoitu pitoisuus ylittää tason 1 (50 mg/kg) pohjanäytteessä RA2/4.

PCB-yhdisteiden pitoisuudet jäivät yhtä näytettä lukuun ottamatta alle määritysrajan (<2,0 µg/kg). Näytteessä RA2/4 PCB-yhdisteen 101 normalisoitu

pitoisuus ylitti tason 1 (4 µg/kg) ja PCB-yhdisteiden 180, 153 ja 138 normalisoidut pitoisuudet ylittivät tason 2 (30 µg/kg).

### 5.3 Raumanjuopa 3

Näytepisteen RA3 sedimenttinäyte analysoitiin kolmessa osassa. Näytteet olivat koostumukseltaan keskihiekkaa. Savipitoisuus määritettiin sekä Coulterilla että automaattipipetillä ja pitoisuus vaihteli välillä 1,0 – 1,8 %. Vesipitoisuudet olivat välillä 21 – 35 % tuorepainosta. Näytepisteen profiili, raekokojakauma ja geokemia neljän raskasmetallin osalta on esitetty liitteessä 4.

Orgaanisen aineksen pitoisuus vaihteli välillä 0,87 – 1,55 %. Arseeni, kromi, lyijy ja sinkki normalisoidut pitoisuudet jäivät kaikissa näytteissä alle tason 1. Näytteessä RA3/2 normalisoitu elohopeapitoisuus ylitti tason 1, joka on 0,1 mg/kg. Normalisoitu kadmiumpitoisuus (kuva 4) ylitti tason 1 (0,5 mg/kg) kaikissa näytteissä. Näytteissä RA3/1-2 kuparin ja nikkelin normalisoidut pitoisuudet ylittivät tason 1, joka on kuparille 50 mg/kg ja nikkelille 45 mg/kg. PCB-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määritysrajan 2,0 µg/kg.

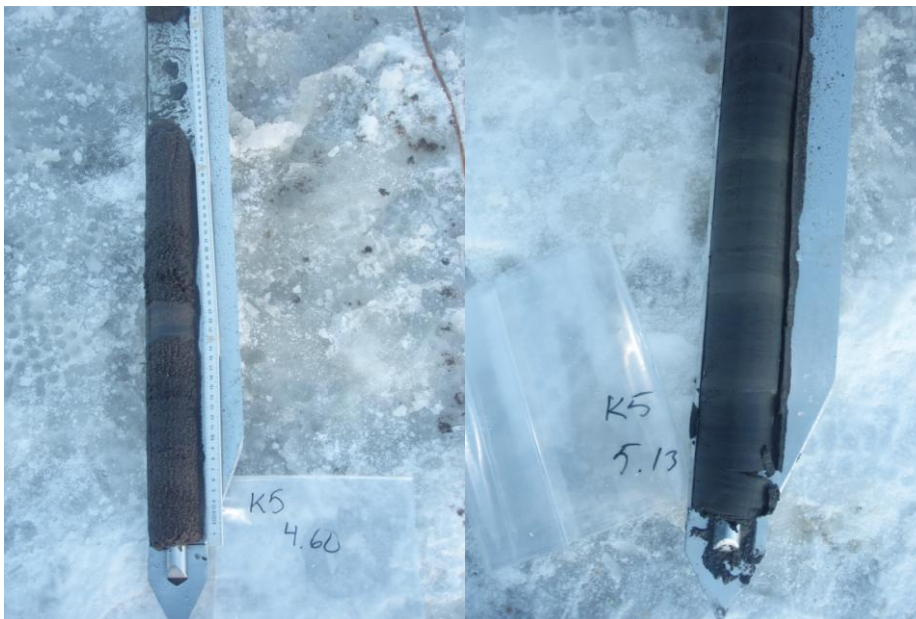
### 5.4 Luotsinmäenhaara 4

Näytepisteen LU4 sedimenttinäyte analysoitiin neljässä osassa. Näytteet vastasivat raekooltaan keskihiekkaa. Savipitoisuus näytteissä vaihteli välillä 1–2,8 % ja vesipitoisuus 15 – 22 % tuorepainosta. Näytepisteen raekokojakauma ja geokemia neljän raskasmetallin osalta on esitetty liitteessä 5.

Orgaanisen aineksen määrä näytteissä oli välillä 0,46 – 0,65 %. Kaikissa näytteissä elohopeapitoisuudet jäivät alle määritysrajan (<0,04 mg/kg). Muut normalisoidut alkuainepitoisuudetkin pysyivät alle tason 1. PCB-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määritysrajan 2,0 µg/kg.

## 5.5 Luotsinmäenhaara 5

Näytepisteen LU5 sedimenttinäytteet (kuva 4) analysoitiin neljässä osassa. Näytteiden raakoostumus oli keskihiekkaa, poikkeuksena syvin näyte, joka oli silttiä ja edustaa todennäköisesti Hevosluoto-muodostumaa. Savipitoisuus kolmessa pinnimmäisessä näytteessä vaihteli välillä 0,4 – 0,8 % pohjimmaisena näytteen savipitoisuuden ollessa 21,5 %. Vesipitoisuus vaihteli välillä 21 – 41 % tuorepainosta. Näytepisteen profiili, raekokojakauma ja geokemia neljän raskasmetallin osalta on esitetty liitteessä 6.



Kuva5. Näytteet LU5/3 (vas.) ja LU5/4 (oik.).

Orgaanisen aineksen määrä vaihteli 0,49 – 3,57 %. Kaikissa näytteissä elohopeapitoisuudet jäivät alle määritysrajan (<0,04 mg/kg). Muut normalisoidut alkuainepitoisuudetkin pysyivät alle tason 1. PCB-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määritysrajan 2,0 µg/kg.

## 5.6 Luotsinmäenhaara 6

Näytepisteen LU6 näytteet (kuva 5) analysoitiin kolmessa osassa. Näytteiden raakoostumus oli keskihiekasta karkeaan hiekkaan. Savipitoisuus vaihteli välillä 0,5 – 2,67 % ja vesipitoisuus 21 – 23 % tuorepainosta. Näytepisteen profiili, raekokojakauma ja geokemia neljän raskasmetallin osalta on esitetty liitteessä 7.



Kuva6 . Näyte LU6/1.

Orgaanisen aineksen määrä oli näytteissä välillä 0,45 – 0,67 %. Kaikissa näytteissä elohopeapitoisuudet jäivät alle määrittäysrajan (<0,04 mg/kg). Kadmiumin (kuva 4) ja kuparin normalisoidut pitoisuudet näytteessä LU6/2 ylittivät tason 1, joka on kadmiumille 0,5 mg/kg ja kuparille 50 mg/kg. Muut normalisoidut alkuainepitoisuudet pysyivät alle tason 1. PCB-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määrittäysrajan (<2,0 µg/kg).

## 6. Tulosten tarkastelu

### 6.1 Raumanjuopa

Raumanjuovan sedimentit olivat raekoostumukseltaan hienosta hiekasta keskihiekkaan geoteknisen luokittelun mukaan. Hiekkakerrokset voidaan katsoa kuuluvaksi Lanajuopa-muodostumaan. Raekoossa ei tapahdu juurikaan muutoksia sedimentin pinnasta tasolle -3,6 (N2000). Tämän jälkeen aines muuttuu hienommaksi ja tämä kerros voidaan katsoa kuuluvaksi Hevosluoto-muodostumaan. Vanha ruoppaustaso -3,6 oli todennäköisesti erotettavissa näytteistä RA1 ja RA2. Hiekkaisen kerrosten väleissä oli muutamia hienoainespitoisempia kerroksia. Orgaanisen aineksen määrä oli vähäinen kaikissa näytteissä (0,87 – 3,67 %).

Raumanjuovan geokemiallisissa näytteissä oli hieman kohonneita raskasmetallipitoisuuksia. Elohopeaa todettiin näytepisteen RA3 kaikilta näytesyvyyksiltä, mutta ainoastaan yhdessä näytteessä ylittyi Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa (YM 2004) annettu taso 1. Kadmiumia (kuva 4) todettiin kaikilta Raumanjuopan näytepisteiltä tason 1 ylittäviä pitoisuuksia. Kadmiumin esiintymisellä ei ollut selkeää yhteneväisyyttä näytesyvyyden kanssa vaan sitä todettiin sekä pinnasta että vanhan ruoppaustason alapuoleltakin. Kuparin osalta taso 1 ylittyi kolmessa näytteessä. Pisteellä RA3 kuparia esiintyi sedimentin pinnasta tasolle -3,5 ja pisteellä RA2 vanhan ruoppaustason alapuolella Hevosluoto-muodostumassa. Nikkeliä todettiin samoin tason 1 ylittäviä pitoisuuksia pisteellä RA3 sedimentin pinnasta tasolle -3,5. Kromin, lyijyn ja sinkin pitoisuudet jäivät Raumanjuovassa alle tason 1. Sedimenttien raskasmetallipitoisuuksilla ei havaittu selkeää yhteyttä näytesyvyyteen. Myöskään aineksen savipitoisuudella tai orgaanisen aineksen pitoisuudella ei Raumanjuovan näyteaineistolla voitu todeta korrelaatiota kohonneisiin raskasmetallipitoisuuksiin. PCB-yhdisteiden osalta taso 1 ja taso 2 ylittyivät näytepisteellä RA2 vanhan ruoppaustason -3,6 alapuolella eli Hevosluoto-muodostumassa.

Raumanjuovassa taso 1 ylittyi Lanajuopa-muodostumaa edustavissa hiekoissa siis neljän raskasmetallin (Cd, Cu, Hg, Ni) osalta. Yhdessä näytteessä ylittyi PCB-yhdisteiden osalta taso 2. Kyseinen näyte on vanhan ruoppaustason alapuolelta ja voitaneen luokitella kuuluvaksi Hevosluoto-muodostumaan, vaikka aines on hieman karkeampaa kuin tyypillinen Hevosluodon näyte. Lanajuopa-muodostuman sedimenttiaines on siis raskasmetallien osalta Raumanjuovassa ohjeen (YM 2004) mukaan luokiteltuna harmaalla alueella eli tasojen 1 ja 2 välissä. Tällöin sedimentin haitallisuus ja läjityskelpoisuus on selvitettävä tapauskohtaisesti. Mahdollisesti pilaantunutta sedimenttiainesta ei voida tämän tutkimuksen perusteella rajata tietyille syvyytasoille. Hevosluoto-muodostumaa edustava sedimenttiaines on PCB-yhdisteiden osalta katsottava pilaantuneeksi (YM 2004), mikä tulee ottaa huomioon jos suunniteltu ruoppaus ulottuu niille syvyyksille.

Maaperän pilaantuneisuuden (VNA 2007) arviointiin annettu kynnysarvo ylittyi Raumanjuovassa ainoastaan arseenin osalta näytteessä RA3/2 ja RA1/2.



## 6.2 Luotsinmäenhaara

Luotsinmäenhaaran sedimenttiaines on raakoostumukseltaan keskihiekasta karkeaan hiekkaan (edustaa Lanajuopa-muodostumaa) eli aines on hieman karkeampaa kuin Raumanjuovassa. Myös savipitoisuus on alhaisempaa. Ainoastaan näyte LU5/4 on koostumukseltaan siltistä, mutta näyte onkin vanhan ruoppaustason -4,6 alapuolelta ja edustaa Hevosluoto-muodostumaa. Sedimenttiaineksessa ei ole havaittavissa selkeää hienonemistä syvemmälle mentäessä, mutta hiekkakerrosten väleissä on paikoitellen hienoaineksisempia kerroksia. Orgaanisen aineksen määrä oli vähäinen kaikissa näytteissä (0,45-3,57 %).

Luotsinmäenhaaran normalisoidut raskasmetallipitoisuudet olivat hieman Raumanjuovan pitoisuuksia alhaisempia. Taso 1 ylittyi ainoastaan yhdessä näytteessä kadmiumin ja kuparin osalta syvyydellä -4...4,6. Luotsinmäenhaaran osalta Lanajuopaa edustava sedimenttiaines luokiteltaneen myös harmaalle alueelle tasojen 1 ja 2 väliin vaikkakin vähemmin perustein kuin Raumanjuovassa.

Maaperän pilaantuneisuuden (VNA 2007) arviointiin annettu kynnyisarvo ylittyi Luotsinmäenhaarassa ainoastaan arseenin osalta näytteessä LU5/4.

## 6.3 Vertailu aikaisempaan tutkimukseen

Kokemäenjoen suuosan sedimenttitutkimuksessa (2006) todetut raskasmetallipitoisuudet olivat yleisesti ottaen hieman korkeampia kuin nyt mitatut pitoisuudet. Syynä tähän voi olla se, että aines on Pihlavanlahdella selkeästi hienompaa ja Hevosluoto-muodostumassa pitoisuudet ovat yleensä korkeampia kuin kanavahiekassa. Kyseisessä tutkimuksessa näytteet otettiin 0-60 cm:n syvyydeltä sedimentin pinnasta. Kadmiumia ja kuparia todettiin tason 2 ylittäviä pitoisuuksia ja tason 1 ylittäviä pitoisuuksia todettiin sinkillä, kromilla ja lyijyllä. Raumanjuovan ja Luotsinmäenhaaran näytteissä ei taso 2 ylittynyt minkään raskasmetallin kohdalla.

## 7. Yhteenveto

Kokemäenjoen sedimenttitutkimuksessa todettiin Raumanjuovan Lanajuopa-muodostumaa edustavissa hiekoissa tasojen 1 ja 2 väliin jääviä normalisoituja raskasmetallipitoisuuksia. Taso 1 ylittyi neljän raskasmetallin (Cd, Cu, Hg, Ni) osalta kuudessa eri näytteessä; kadmiumin osalta neljässä, kuparin osalta kahdessa, elohopean osalta yhdessä ja nikkelin osalta yhdessä näytteessä. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen (2004) mukaan Lanajuovan hiekat sijoittuvat laadultaan harmaalle alueelle. Hiekkakerrosten ja suunnitellun ruoppaustason (-3,6) alle jäävän Hevosluoto-muodostuman sedimenteissä taso 1 ylittyi kadmiumin ja kuparin osalta yhdessä näytteessä ja samassa näytteessä ylittyi myös PCB-yhdisteiden osalta taso 2.

Luotsinmäenhaaran Lanajuopa-muodostumaa edustavissa hiekoissa todettiin tasojen 1 ja 2 väliin jääviä normalisoituja raskasmetallipitoisuuksia. Taso 1 ylittyi kahden raskasmetallin (Cd ja Cu) osalta yhdessä näytteessä.

Ruopattavaksi suunnitellun sedimenttiaineksen laatu Raumanjuovassa ja Luotsinmäenhaarassa on siis osittain tasojen 1 ja 2 välissä ja voi siten olla mahdollisesti pilaantunutta. Mikäli ruoppausmassa olisi tarkoitus läjittää mereen, tulisi ruoppausmassan haitallisuus ja läjityskelpoisuus selvittää tapauskohtaisesti.

Raumanjuovan ja Luotsinmäenhaaran tapauksessa ruoppausmassa ollaan kuitenkin läjittämässä maalle ja tällöin alkuperäisiä haitta-ainepitoisuuksia voidaan verratta maaperän pilaantuneisuutta määrittäviin arvoihin (VNA 2007). Asetuksen kynnyksarvot ylittyivät ainoastaan arseenin osalta, joten maaperää ei luokitella pilaantuneeksi, mutta asetuksen mukaan pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava. Ruopattavaksi suunnitellun sedimenttiaineksen raekoostumus on pääasiassa hienosta hiekasta karkeaan hiekkaan.

**Lähteet**

Cripps, C., Peltonen, J., Räsänen, M. ja Huhta, P. 2009. Kokemäenjoen suiston kehitys, maaperämuodostumat ja niiden kemialliset piirteet. Turun Yliopisto ja Geologian tutkimuskeskus.

Jokimalli 2010. Tampereen teknillinen yliopisto, Porin yksikkö. Kat Oy. Muokattu 2.2.2011 Niinikoski, J.

Labtium Oy. 2010: Tutkimusseloste, tilausnumero 504401.

Oravainen, R. 2006: Raportti Kokemäenjoen suosan sedimenttiselvityksestä 23.3.2006. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys Ry. Kirje nro 562. 4 s.

Valtioneuvoston asetus 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Helsinki.

Ympäristöministeriö. 2004: Ympäristöopas 117: Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Helsinki. 60 s.

Taulukko5. Vertailutaulukko näytteiden normalisoiduista pitoisuuksista, jotka on laskettu eri menetelmillä saaduilla savipitoisuuksilla.

Näyte	Savi %		Hg mg/kg	Norm.	Pit.	As mg/kg	Norm.	Pit.	Cd mg/kg	Norm.	Pit.	Cr mg/kg	Norm.	Pit.
	AP	C		pit.	AP		pit.	AP		pit.	pit.		AP	pit.
RA2/2	1,3	2	<0.04			2,38	4,2	4,3	0,40	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>	17,4	32,2	33,1
RA2/4	5,2	6,1	0,07	0,09	<b>0,10</b>	3,86	6,1	6,3	0,40	<b>0,65</b>	<b>0,66</b>	28,4	45,7	44,4
RA3/1	1,3	1,6	0,06	0,09	0,09	4,37	7,8	7,9	0,45	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	21,3	40,0	40,5
RA3/2	1,3	1,8	0,08	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	5,43	9,7	9,8	0,31	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	22,1	41,2	42,0
RA3/3	1,0	1,3	0,05	0,07	0,07	4,47	8,2	8,2	0,37	<b>0,68</b>	<b>0,68</b>	16,0	30,4	30,8
LU5/4	22,8	21,5	<0.04			5,57	6,5	6,3	0,13	0,16	0,16	41,8	45,0	43,7
taso 1				0,1			15			0,5			65	
taso 2				1			60			2,5			270	

Näyte	Savi %		Cu mg/kg	Norm.	Pit.	Ni mg/kg	Norm.	Pit.	Pb mg/kg	Norm.	Pit.	Zn mg/kg	Norm.	Pit.
	AP	C		pit.	AP		pit.	AP		pit.	pit.		AP	pit.
RA2/2	1,3	2	8,61	18,2	18,7	12,8	37,3	39,7	3,88	6,2	6,3	31,7	76,4	79,3
RA2/4	5,2	6,1	37,7	<b>68,4</b>	<b>70,3</b>	17,8	38,7	41,0	8,61	12,6	12,8	52,2	102,5	106,6
RA3/1	1,3	1,6	32,9	<b>70,1</b>	<b>70,9</b>	19,0	<b>57,3</b>	<b>58,9</b>	7,60	12,2	12,2	54,4	133,3	135,5
RA3/2	1,3	1,8	40,1	<b>86,0</b>	<b>87,5</b>	14,8	43,9	<b>45,8</b>	11,4	18,3	18,5	53,8	131,7	135,3
RA3/3	1,0	1,3	22,3	49,3	49,8	11,9	36,9	37,9	10,7	17,4	17,5	46,8	118,7	120,7
LU5/4	22,8	21,5	19,5	23,4	22,8	24,2	26,9	26,9	6,56	7,4	7,3	63,5	74,2	71,84
taso 1				50			45			40			170	
taso 2				90			60			200			500	

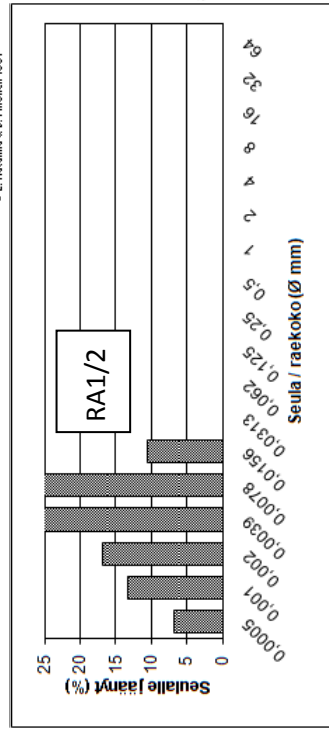
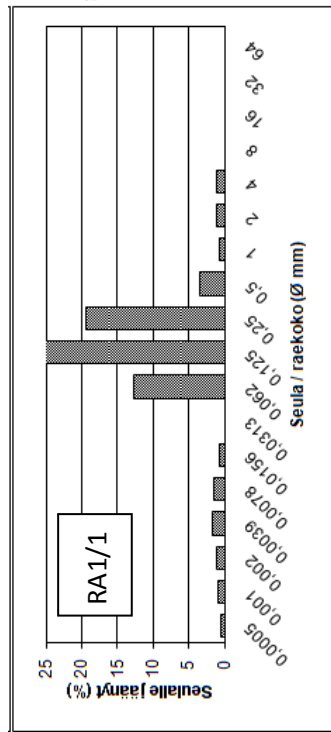
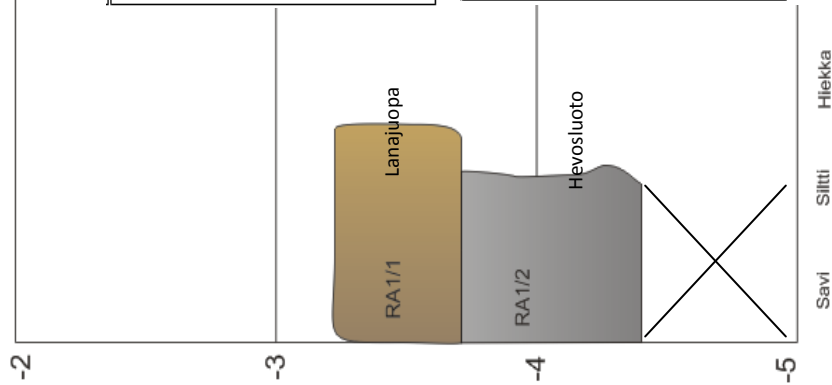
AP = automaattipipetillä saatu savipitoisuus  
 C = Coulter-analysaattorilla saatu savipitoisuus  
 Norm. Pit = normalisoitu pitoisuus, jonka laskemiseen käytetty arvoa  
**Savi % C**  
 Pit. AP = normalisoitu pitoisuus, jonka laskemiseen käytetty arvoa  
**Savi % C**

Profiili

Raekokojakuma

Geokemia

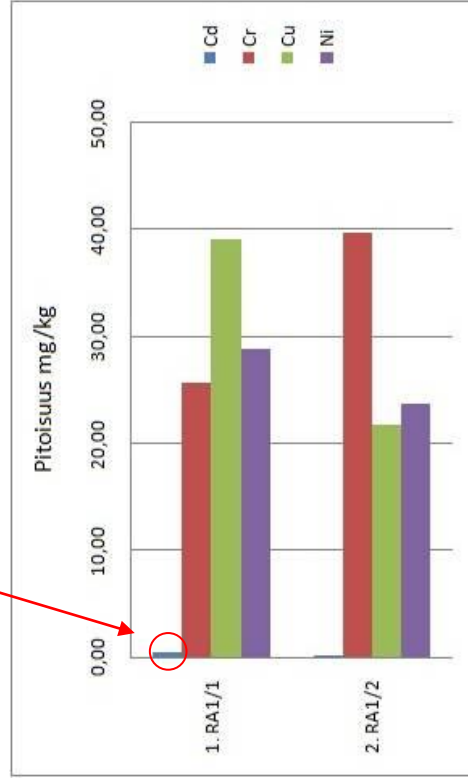
Raumanjuopa 1



© L. Hietala & J. Ahonen 1997

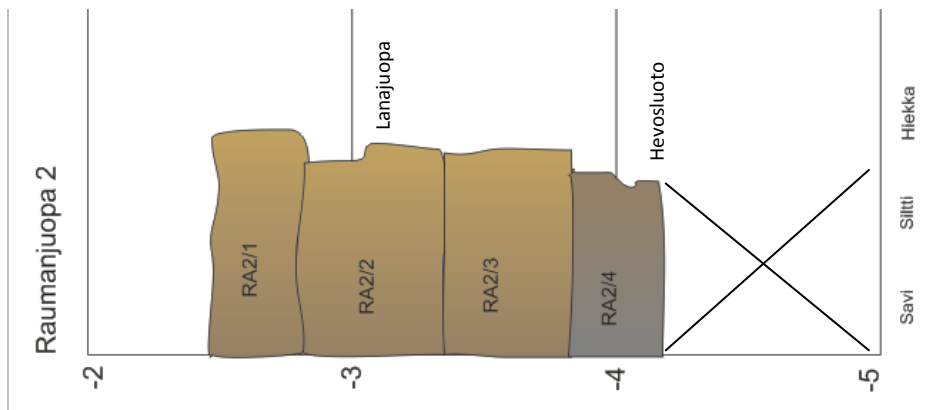
© L. Hietala & J. Ahonen 1997

Cd-arvo ylittää tason 1.

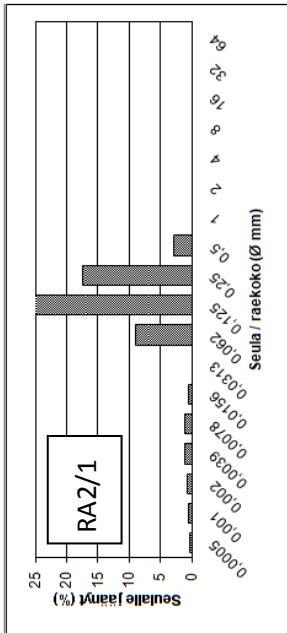


Kaaviossa käytetty normalisoituja pitoisuuksia

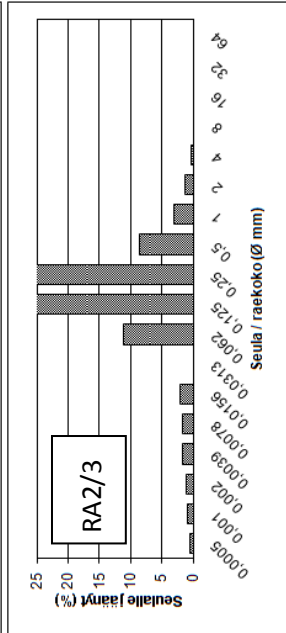
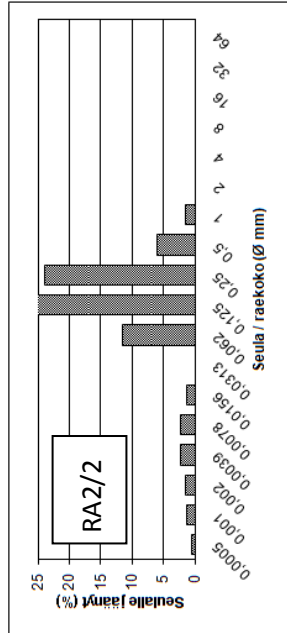
Profiili



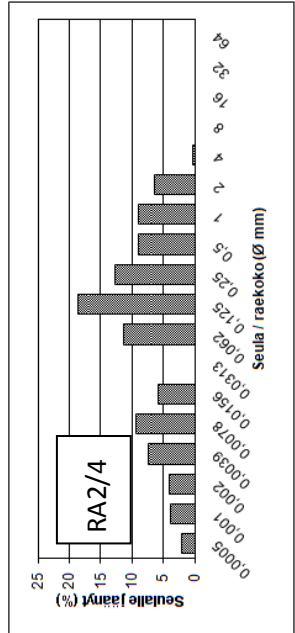
Raekokajakauma



© L. Huuskala & J. Alonen 1997

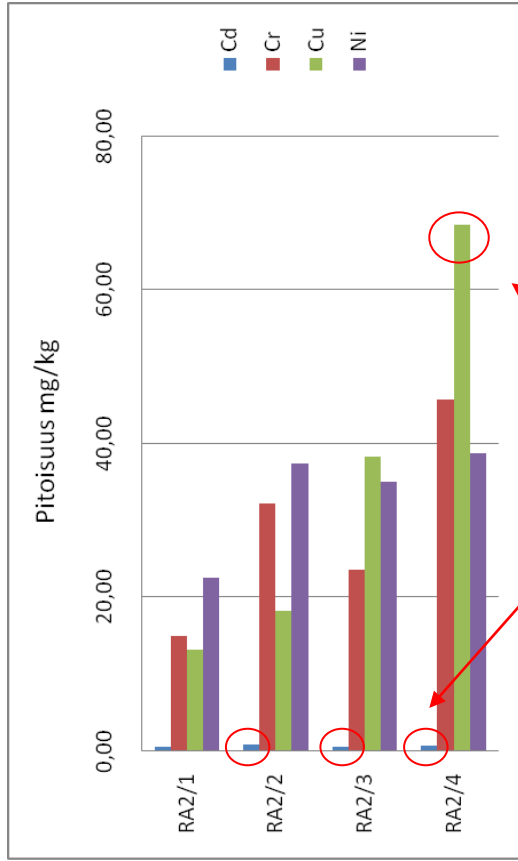


© L. Huuskala & J. Alonen 1997



© L. Huuskala & J. Alonen 1997

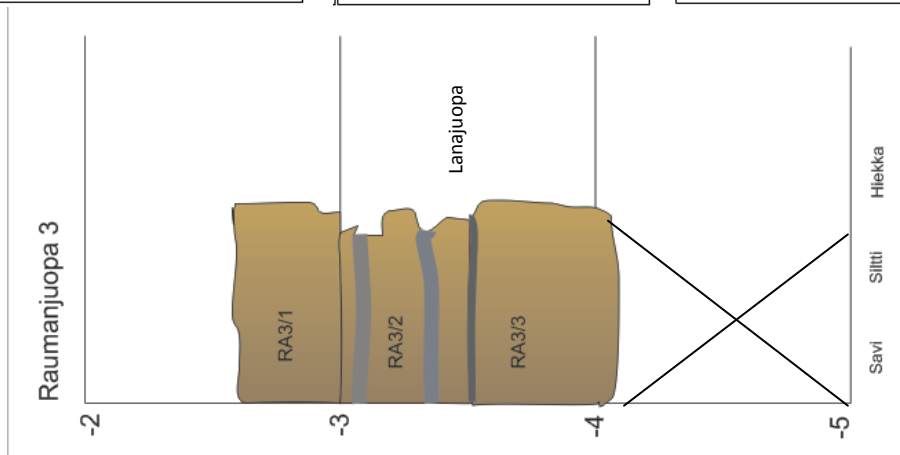
Geokemia



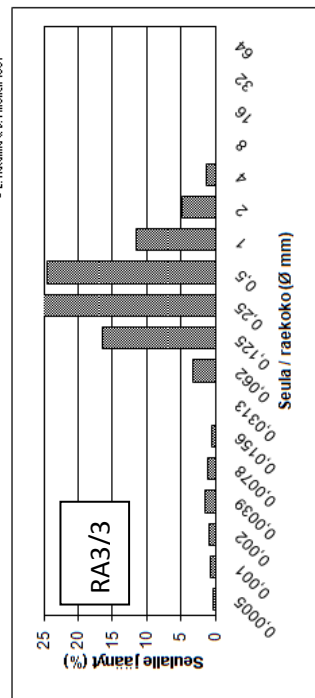
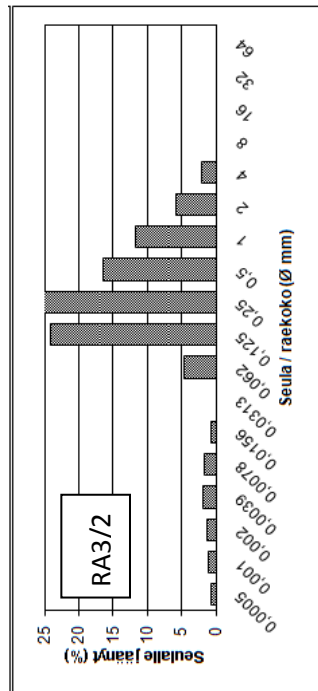
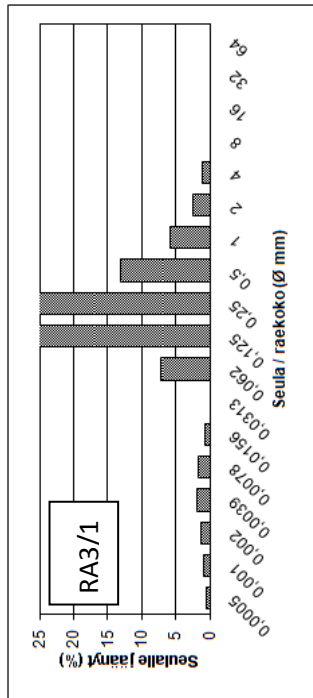
Kaaviossa käytetty normalisoituja pitoisuuksia.

Cd ja Cu -arvot ylittävät tason 1

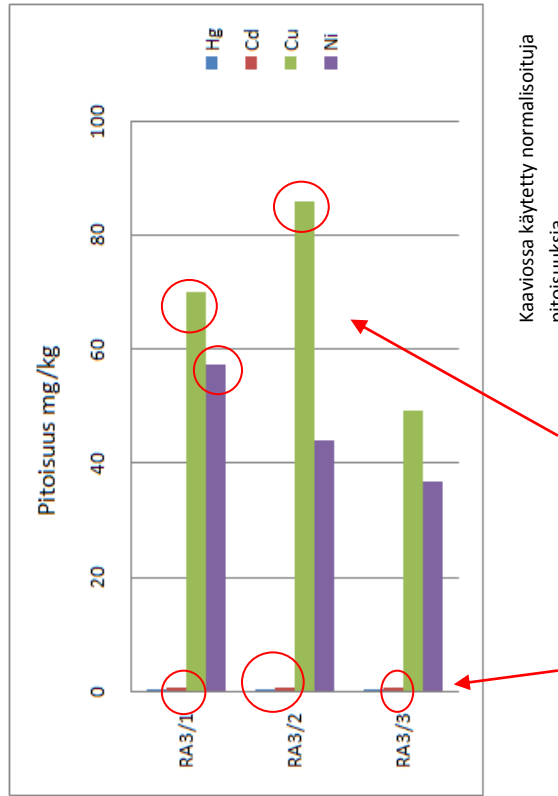
Profiili



Raekokajakauma



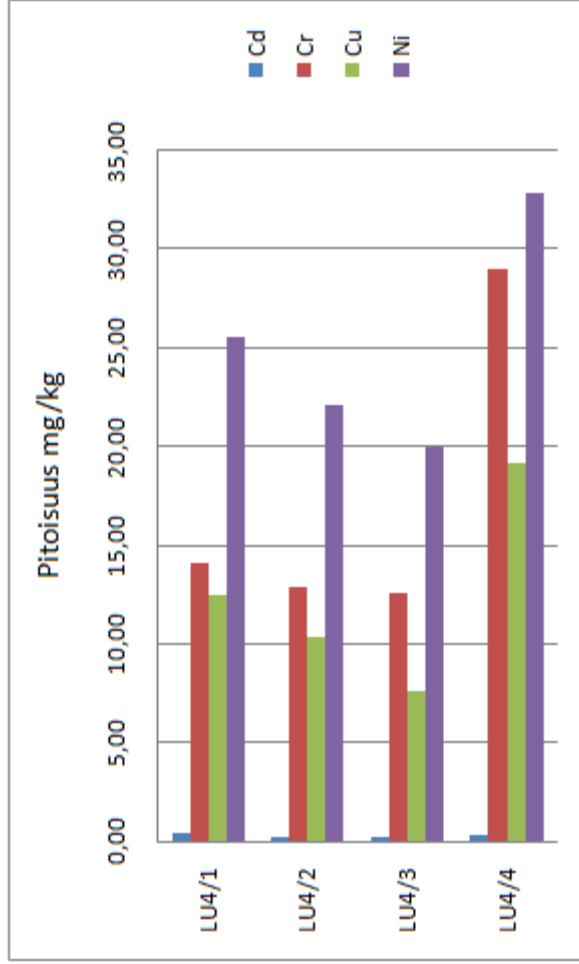
Geokemia



Kaaviossa käytetty normalisoituja pitoisuuksia.

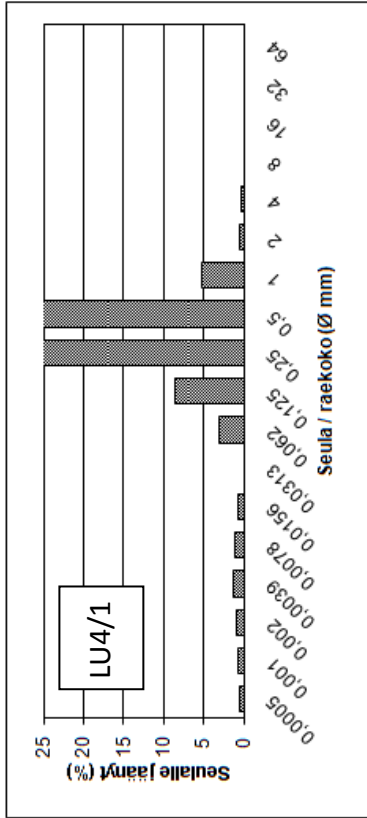
Arvot, jotka ylittävät tason 1

Geokemia

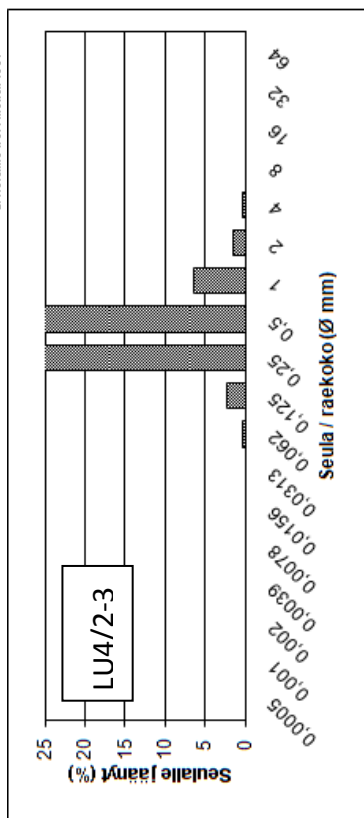


Kaaviossa käytetty normalisoituja pitoisuuksia.

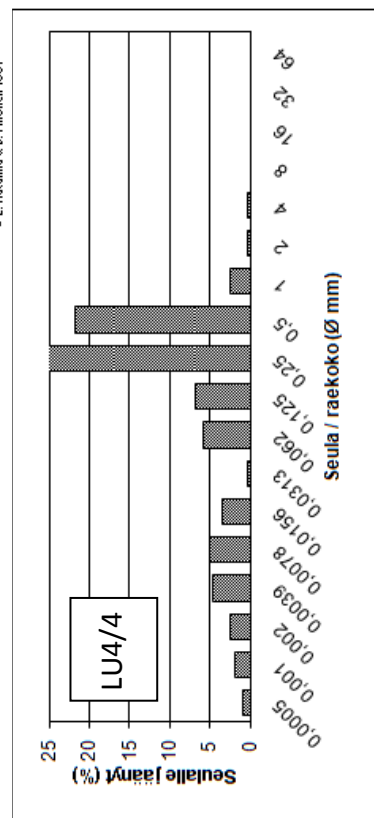
Raekokojakauma



© L. Haahtela & J. Ahonen 1997



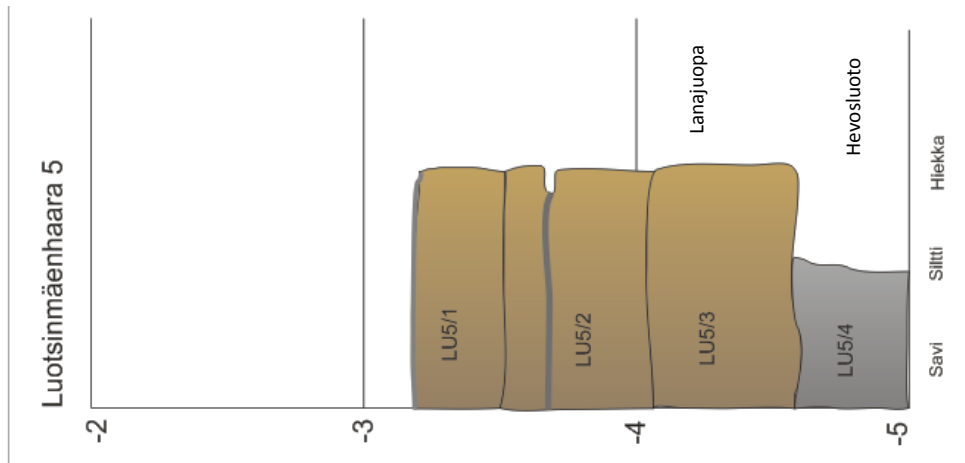
© L. Haahtela & J. Ahonen 1997



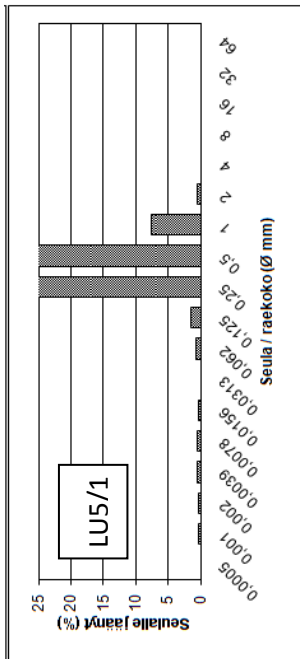
© L. Haahtela & J. Ahonen 1997



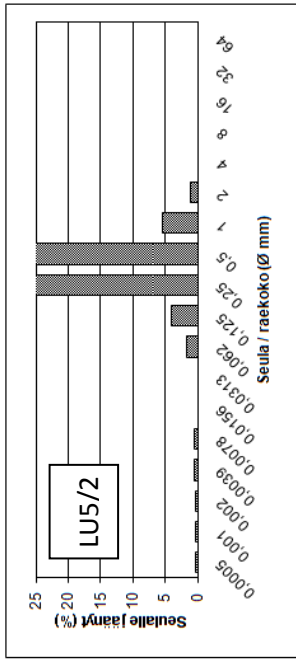
Profiili



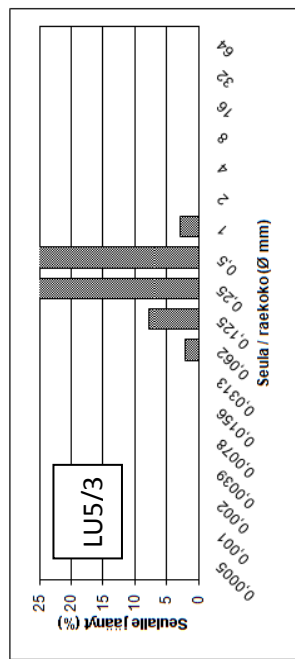
Raekokojakauma



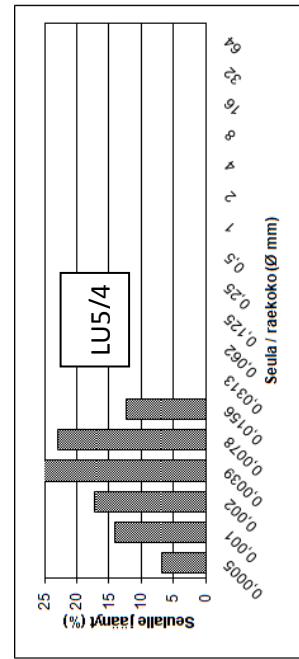
© L. Hietala & J. Ahonen 1997



© L. Hietala & J. Ahonen 1997

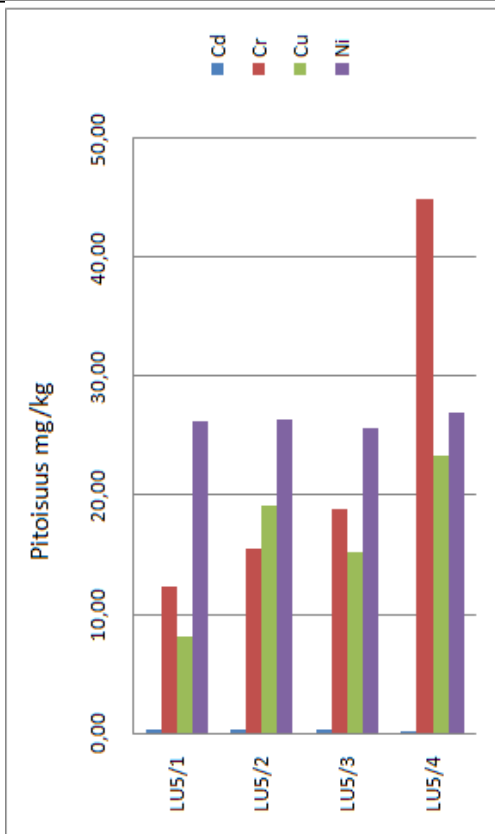


© L. Hietala & J. Ahonen 1997



© L. Hietala & J. Ahonen 1997

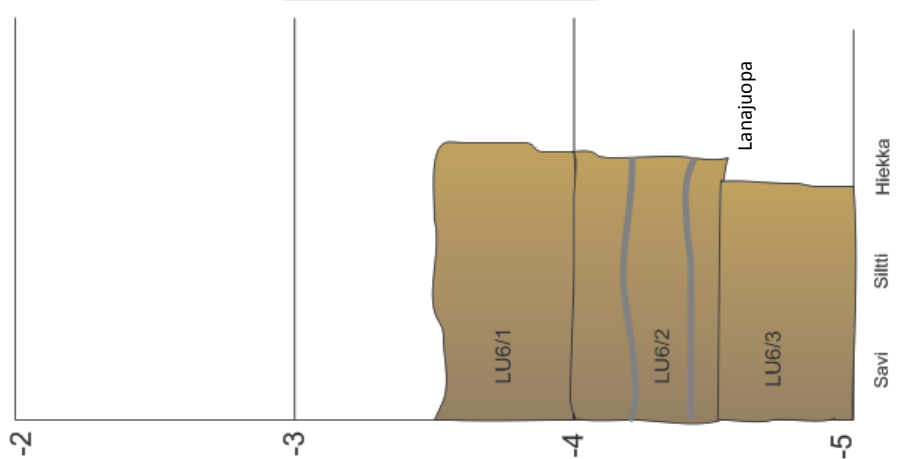
Geokemia



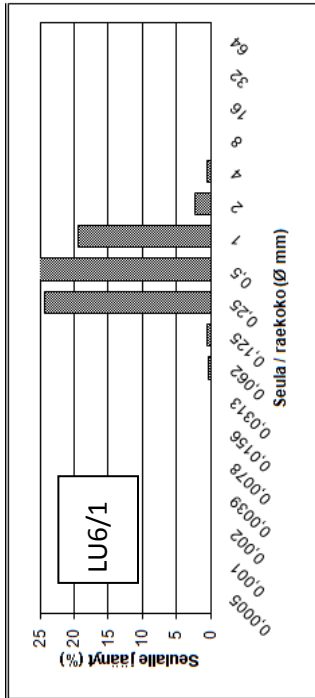
Kaaviossa käytetty normalisoituja pitoisuuksia

Profiili

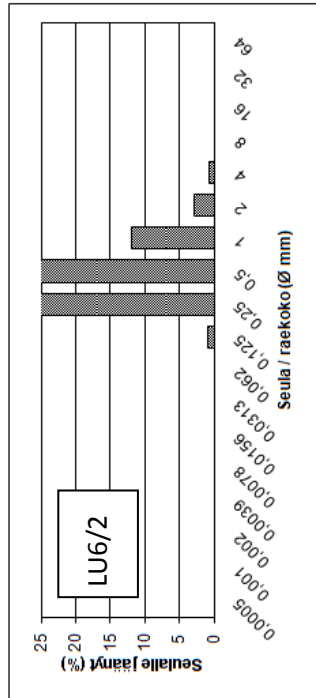
Luotsinmäenhaara 6



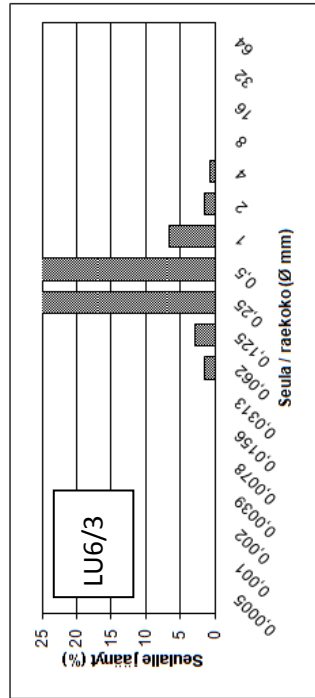
Raekokojakauma



© L. Hietala & J. Ahonen 1937



© L. Hietala & J. Ahonen 1937



© L. Hietala & J. Ahonen 1937

Geokemia



Kaaviossa käytetty normalisoituja pitoisuuksia

Cd ja Cu -arvot ylittävät tason 1