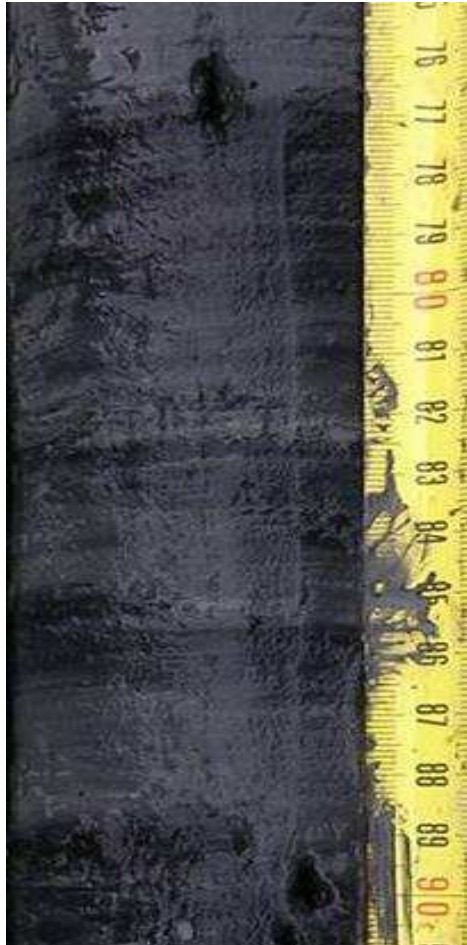




Sedimenttitutkimukset

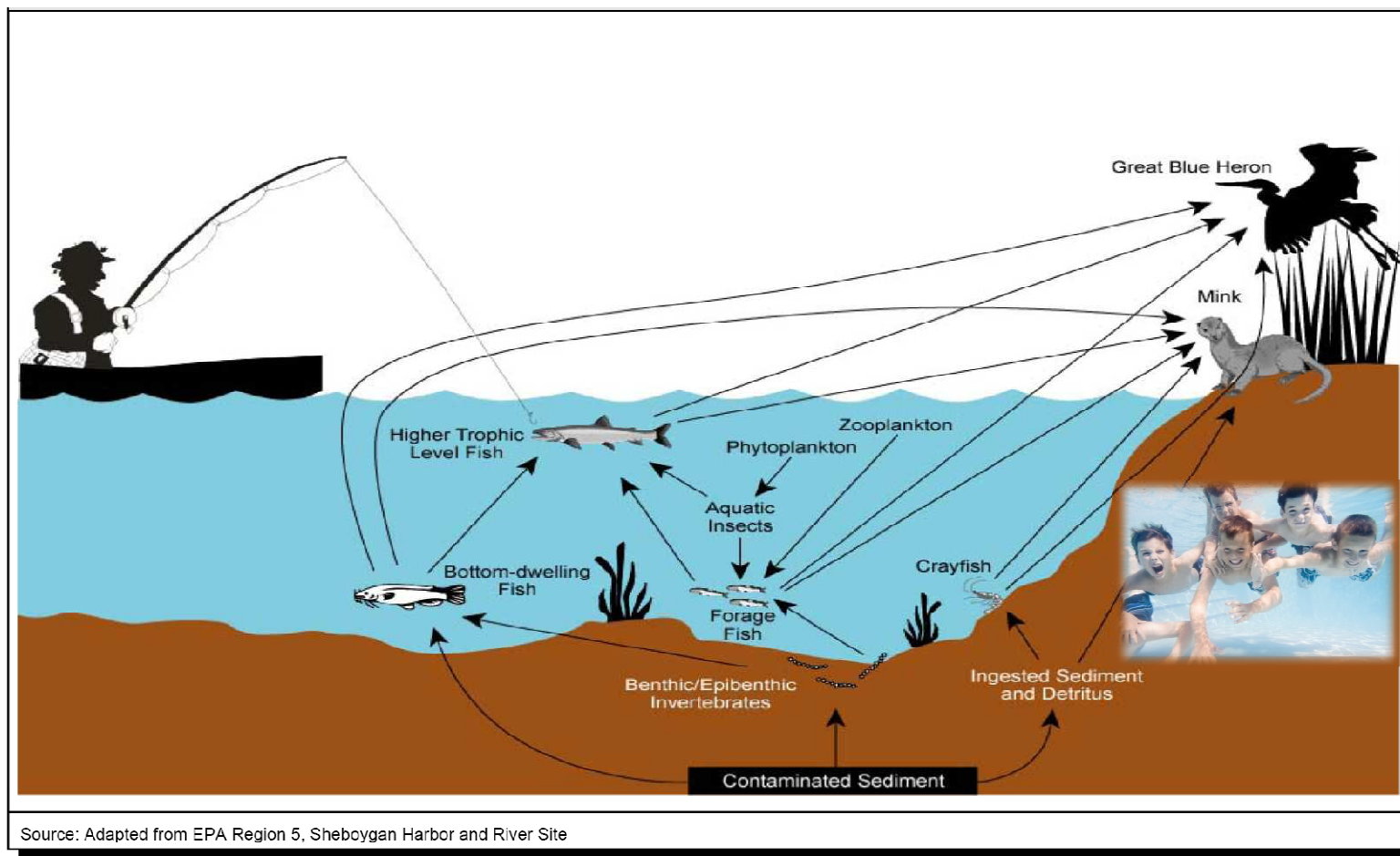
FT Arto Itkonen, FCG Planeko Oy

Sedimentin pilaantumisongelma Suomessa



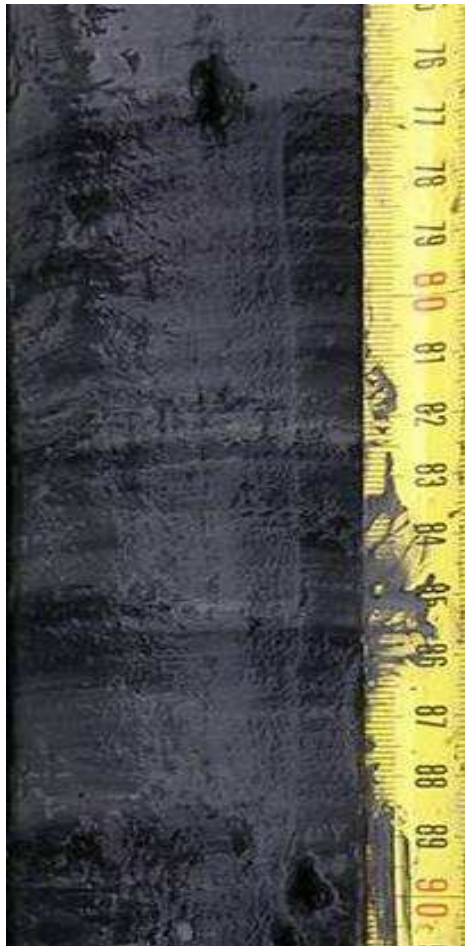
- U.S. EPA arvioi 2004, että noin 43 % USA:n järvien, jokien ja rannikkovesien sedimentistä on pilaantunut siinä määrin että haitalliset vaikutukset vesieliöille tai ihmisille ovat todennäköisiä;
- Pilaantunut sedimentti on myös koko Euroopan laajuinen ongelma. Sedimenttiä syntyy Euroopassa noin 1800 miljoonaa tonnia vuodessa. Tästä noin 1100 miljoonaa tonnia laskutuu Euroopan vesireiteille. Noin 5-10 % tästä sedimentistä on pilaantunutta.
- Vaikka arvioitaisiin että vain 5 % sedimentin ylimmästä 10 cm:stä Suomessa olisi pilaantunutta, saataisiin pilaantuneen sedimentin määräksi noin 170 miljoonaa m³ yksin sisävesialueilla.

Sedimentin aiheuttamat riskit



Riskipolut sedimentistä ihmiseen ovat monissa tapauksissa suurempia kuin maaperästä tai pohjavedestä.

Esityksen sisältö



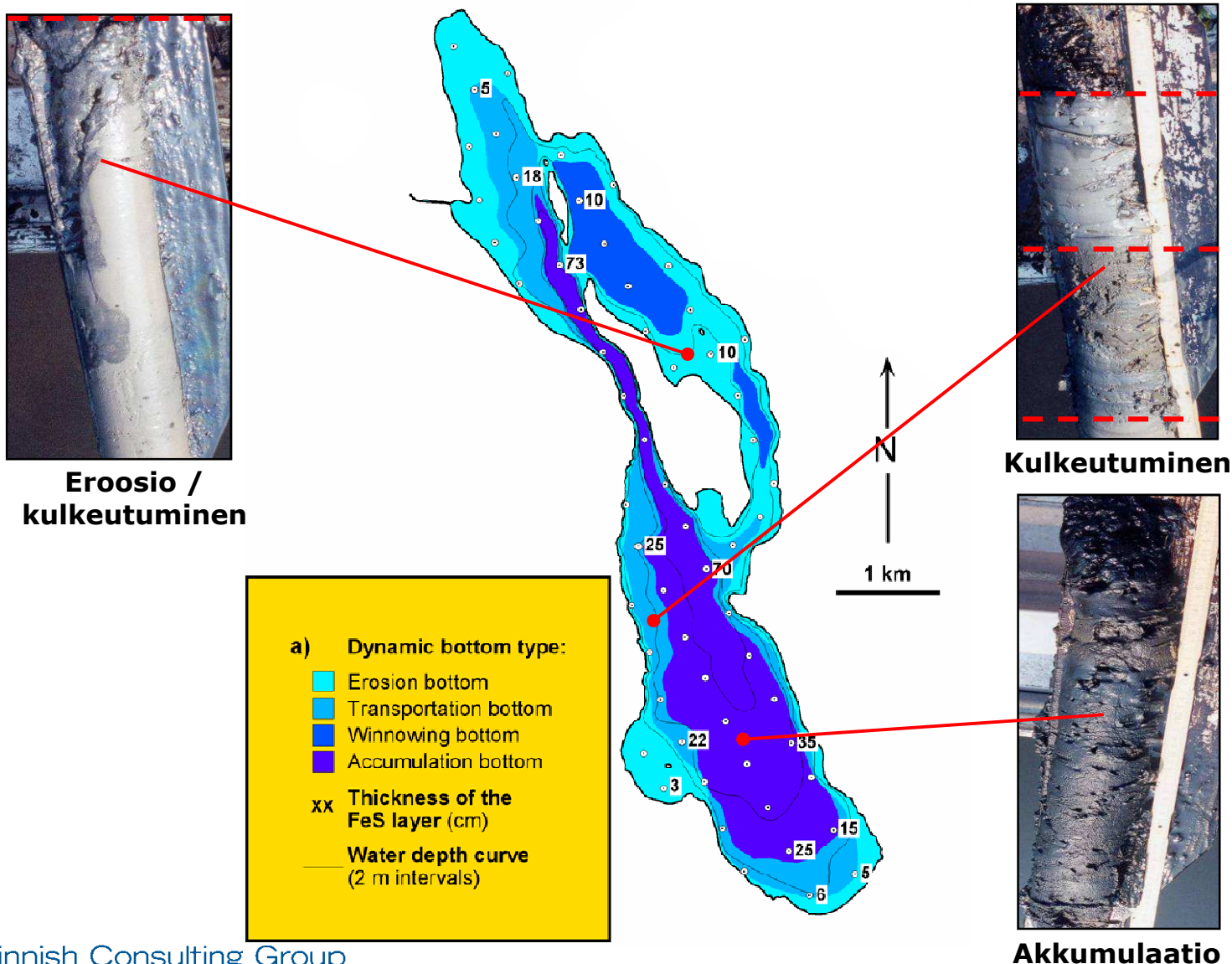
1. Pohjadynamiikan ymmärtämisen merkitys
2. Sedimentin pilaantuneisuuden arvioinnin ongelmia
3. Uudet haita-aineet
4. Korjaavia toimenpiteitä



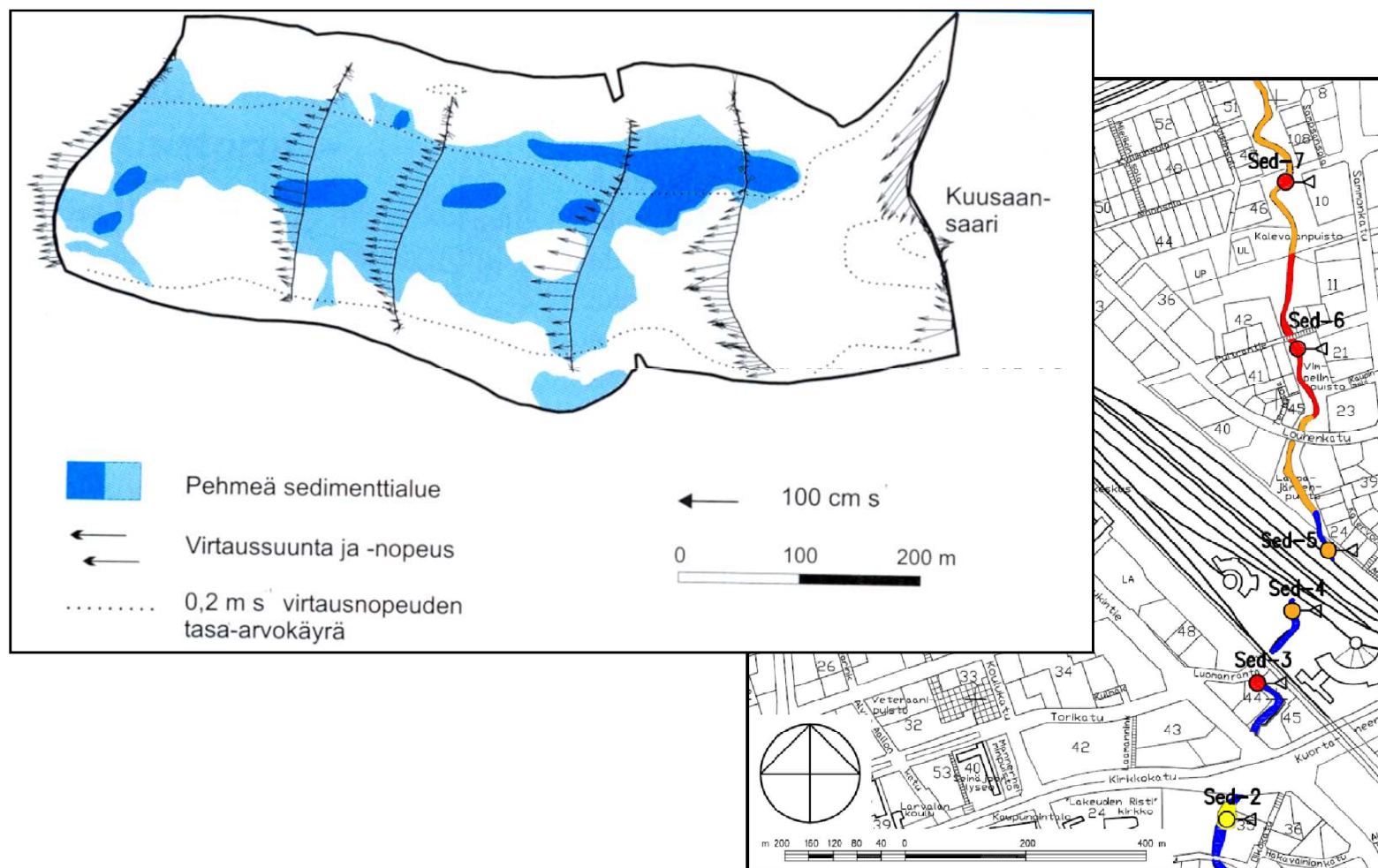


1. Pohjadynamiikan ymmärtämisen merkitys

Pohjadynaamiset pohjavyöhykkeet - järvi



Dynaamiset pohjavyöhykkeet - joki



Pohjadynamiikan mallinnus

BASIN	PROPERTIES OF THE RESEARCH AREA					APPROX. NUMBER OF SAMPLING POINTS
	Area (km ²)	Max depth (m)	Mean depth (m)	Shoreline (km)	Form factor	
Example	2,5	15	5,0	10,0	1,78	15
LOCATION OF THE SAMPLING POINTS						
AREA _{E+T} (%)	Fetch min. (km)	Fetch max. (km)	Min. depth (m)	Max. depth (m)	Distribution of samples	BOTTOM TYPE
16,2	0,50	1,20	0	1,0	1	erosion zone
			0,4	2,4	2	transport zone
			1,0	15	13	accumulation zone

$$D_{T-A} = (45.7 \cdot L_f) / (L_f + 21.4) \text{ ja}$$

$$D_{E-T} = (30.4 \cdot L_f) / (L_f + 34.2), \text{ where}$$

D_{T-A} = critical water depth at the transport/accumulation boundary (m)

D_{E-T} = critical water depth at the erosion/transport boundary (m)

L_f = effective fetch (km).

Esimerkki sedimenttitutkimuslomakkeesta

SEDIMENTTITUTKIMUS

Proj. nimi:	Hki KV Jätkäsaari Saukonpaasi suunn. ja tutk.
Proj. nro:	06-4361
Alfas:	Lautasaarenselkä, Helsinki

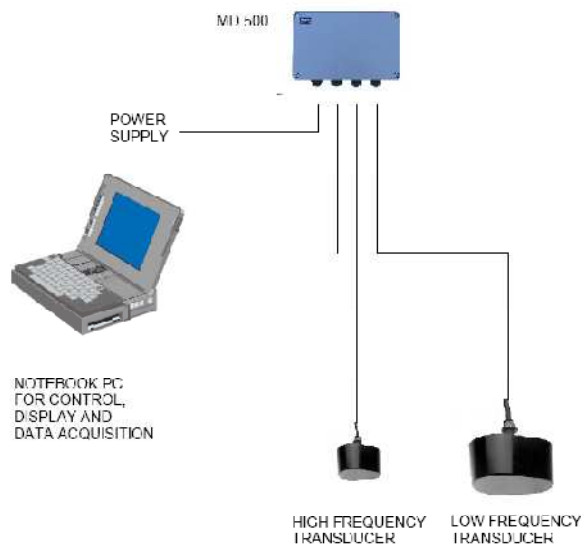
Näytetunnus:	Kalratyyppi:	Päiväys:	Tekijä:	Korkeus m mpy.:	Veden syv. m:	Karttalehti:	Koordinaatit, syst.: KKJ (perus)
410	Limnos/kannukaira	29.6.2006	HJu	0	9,90	2034 06	P: 6672447 I: 2550558

cm	Sedim. profilli	cm	Sedimenttityyppi	cm	Värikoodi / värin kuvaus	cm	Muut havainnot
2		2		2		2	
4		4	savileiju + kiviä	4	sulfidiraitainen	4	HUOM! SUUNNITELUSTA PISTEESTÄ EI SAATU NÄYTEITÄ JOTEN PISTETTÄ SIIRRETTIIN NOIN 30 M LOUNAASEEN.
6		6		6		6	
8		8		8		8	
10		10		10		10	
12		12	savileiju + siltti	12	sulfidiraitainen	12	
14		14		14		14	
16		16		16		16	
18		18		18		18	
20		20	siltti	20	vähän sulfidia	20	
22		22		22		22	
24		24		24		24	
26		26	savileiju + siltti	26	vähän sulfidia	26	
28		28		28		28	
30		30		30		30	
32		32		32		32	
34		34	silttinen savileiju	34	sulfidiväritteinen	34	
36		36		36		36	
38		38		38		38	
40		40		40		40	
42		42		42		42	
44		44	liejusavi + siltti	44	sulfidiraitainen	44	
46		46		46		46	
48		48		48		48	
50		50		50		50	
52		52		52		52	
54		54		54		54	
56		56		56		56	
58		58		58		58	
60		60		60		60	
62		62		62		62	
64		64		64		64	
66		66		66		66	
68		68		68		68	
70	e.p.s.	70		70		70	
72		72		72		72	
74		74		74		74	
76		76		76		76	
78		78		78		78	
80		80		80		80	
82		82		82		82	
84		84		84		84	
86		86		86		86	
88		88		88		88	

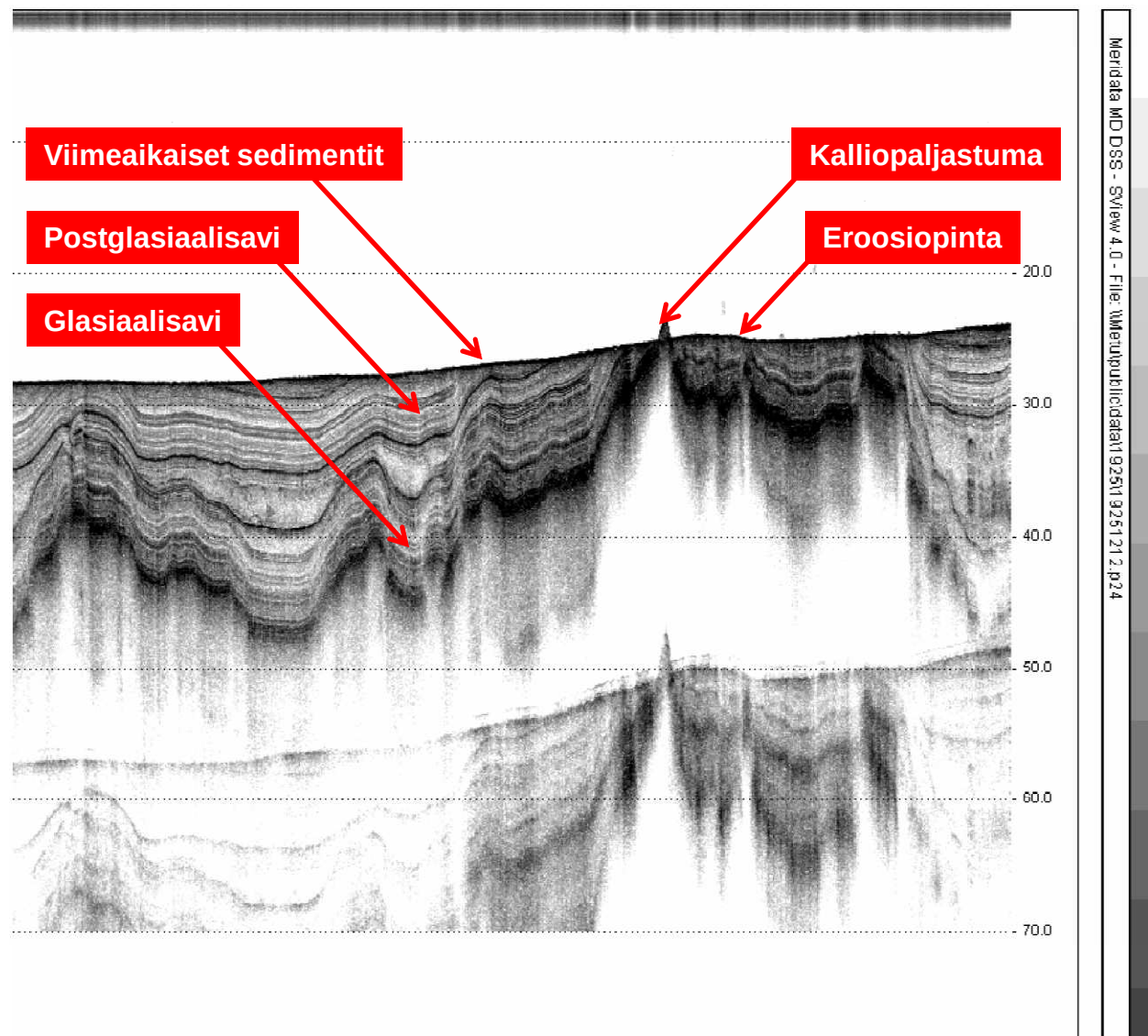


Näyte	syvyys cm	sed. tyyppi	pohja-tyyppi	vesip. %FS	hehk. %DW	Ruoppausmassojen laatuksiteeritasojen ylitykset (taso)
410	0-20	Salj, Si	transportaatio	31	13,3	TBT (1), PAH (2), PCB (1), Hg (1)
	20-50	Salj+Si	transportaatio	33	8,2	TBT (1), Hg (1)
	50-65	LjSa+Si	transportaatio	37	3,3	
Vedenlaatu 3,0 m				Vedenlaatu 9,0 m		
T, limnos	11,7	°C		T, limnos	9,6	°C
I, sondi	11,22	°C		I, sondi	9,02	°C
	9289	µS/cm			9441	µS/cm
DO	183,7	%		DO	185,2	%
DO	19,80	µg/l		DO	20,07	µg/l
pH	8,17			pH	8,16	
pH	-77,6	mV		pH	-76,0	mV
ORP	123,9			ORP	110,0	

Luotausmenetelmät



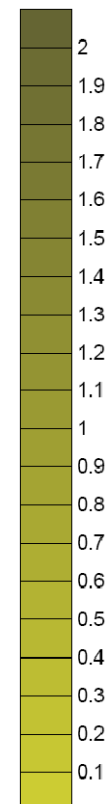
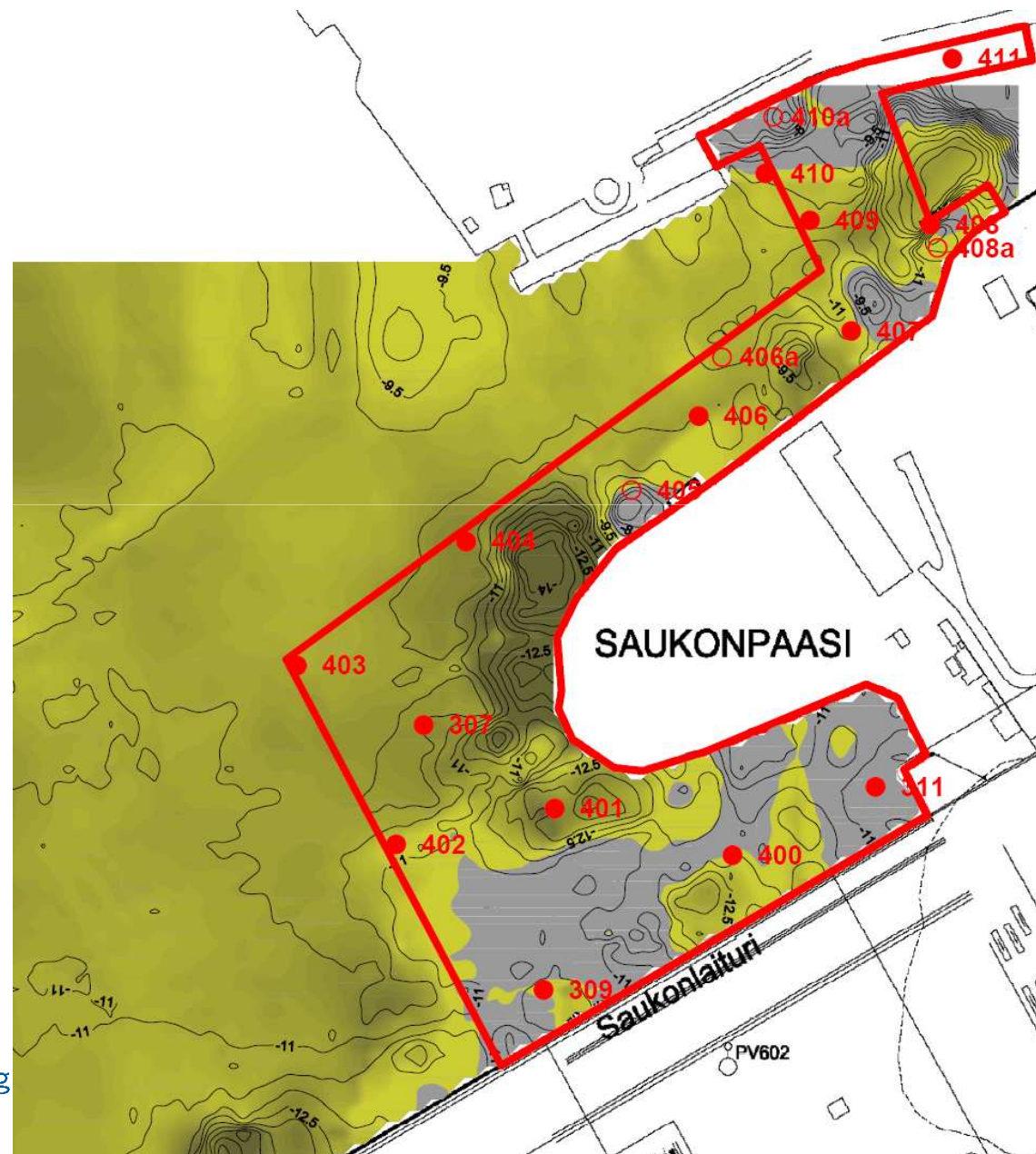
Matalataajuusluotausprofiili



Luotausdatan perusteella laadittu pilaantuneisuuskartta

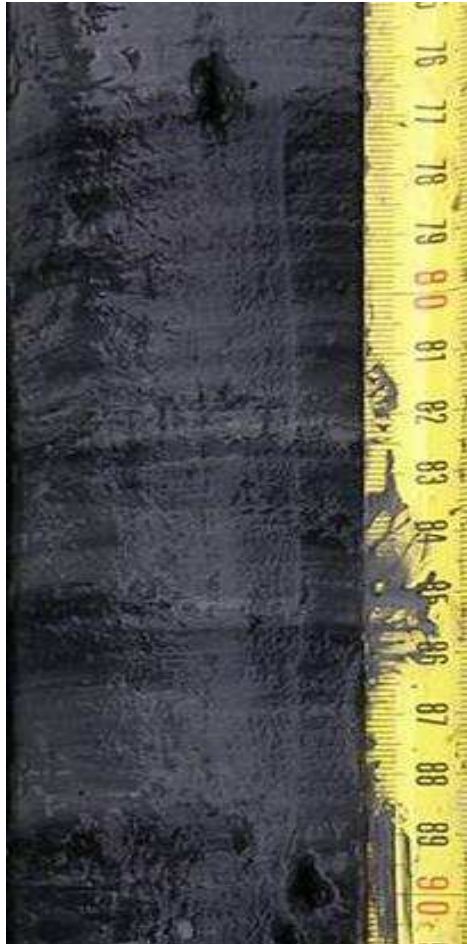
- Vihreä skaala = viimeikaisen pilaantuneen sedimentin paksuus (noin 33 000 m³);
- Harmaa = savinen eroosiopohja tai hiekkainen eroosiosuojaustäytö;
- Huomaa pilaantuneen sedimentin fokuoituminen aiemmin ruopatuille alueille.

Aineisto: Helsingin kaupunki /
Golder Associates Oy



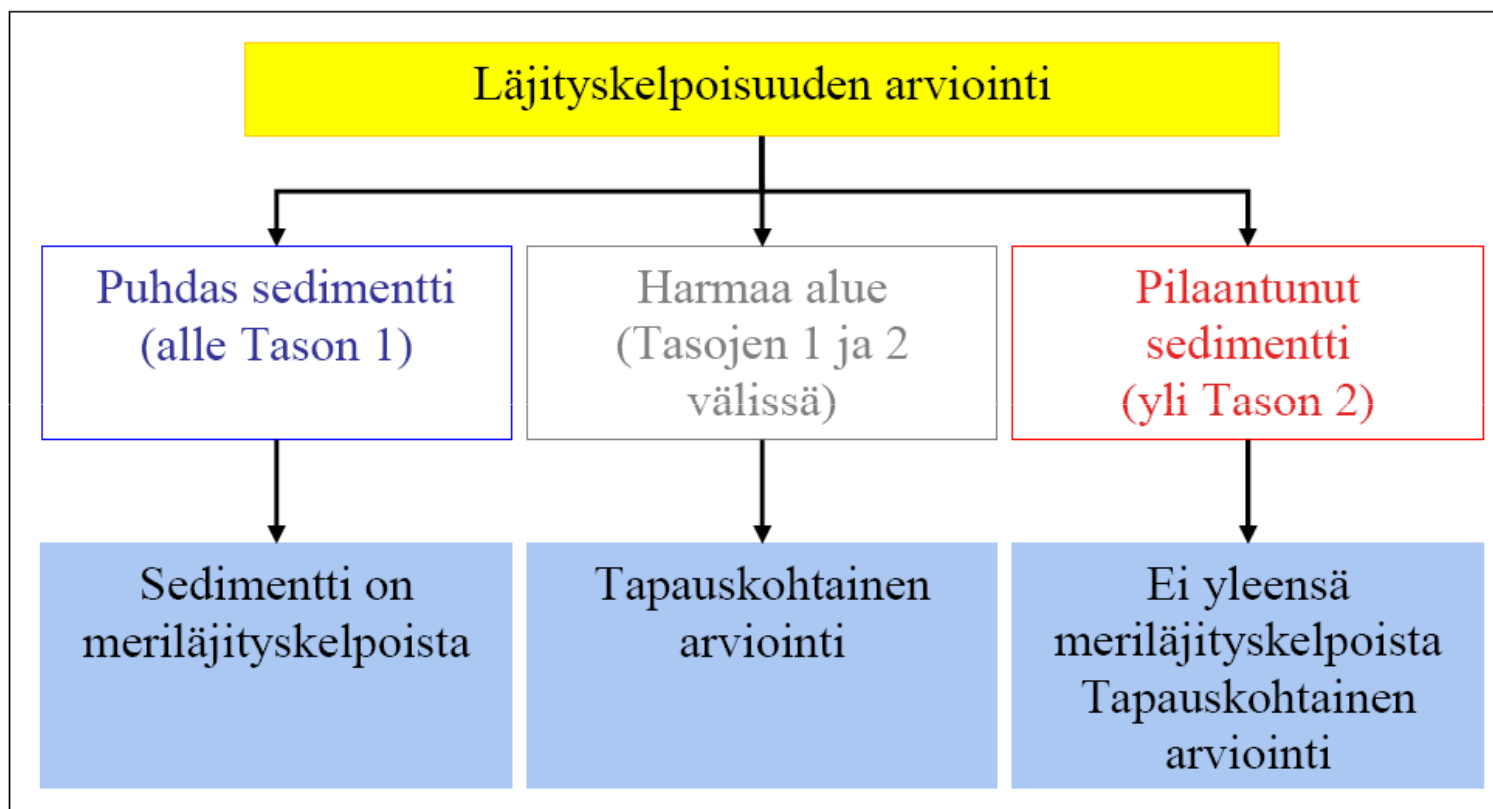
2. Sedimentin pilaantuneisuuden arvioinnin ongelmia

Sedimentin pilaantuneisuuskriteerit



- Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (VNa 214/2007, ns. PIMA-asetus).
 - Asetuksen mukaiset ohjearvot eivät koske sedimenttiä vaan pilaantunutta maa-ainesta (vrt. PIMA-asetuksen 1 §).
 - Sovelletaan ruoppaussedimentin maalläläityksessä.
- Ruoppausmassojen laatukriteerit (Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje, Ympäristöministeriö 19.5.2004).
 - Koskevat ensisijaisesti läjityskelpoisuuden arviointia meriympäristössä (vaikkakin sitä sovelletaan myös sisävesien ruoppausmassoille).
- Kaatopaikkakelpoisuuslainsäädäntö.
 - Säätelee pilaantuneen sedimentin vastaanottoa off-Site.
- Yksinomaan *in situ*-sedimentin pilaantuneisuuden arviointia koskevia ohjearvoja ei ole olemassa.
- Myöskään puhdistustarpeen arvioinnista ei ole muodostunut vakiintunutta hallintokäytäntöä eikä säännöstöä.

Sedimentin läjityskelpoisuuden arviointi



Ruoppausmassojen laatuksriterit

Arto Itkonen

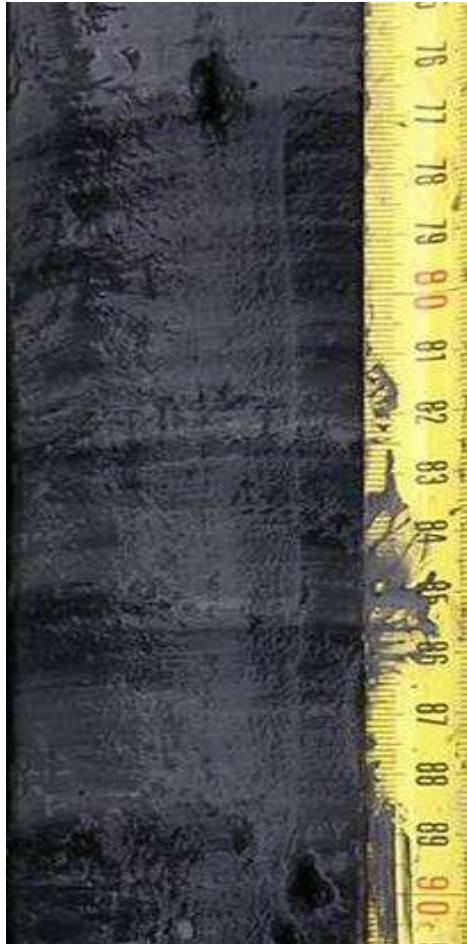
Aine	Taso 1*	Taso 2
Metallit (mg/kg kuiva-ainetta)		
clohopca (Hg)	0,1	1
kadmium (Cd)	0,5	2,5
kromi (Cr)	65	270
Kupari (Cu)	50	90
lyijy (Pb)	40	200
nikkeli (Ni)	45	60
sinkki (Zn)	170	500
arseeni (As)	15	60
Polyaromaattiset hiililivedyt (PAH) (mg/kg kuiva-ainetta)		
naftaleeni	0,01	0,1
antrasceni	0,01	0,1
fenantreeni	0,05	0,5
fluoranteeni	0,3	3
vebnto(a)antraseeni	0,03	0,4
kryseeni	1,1	11
bentso(k)fluoranteeni	0,2	2
bentso(a)pyreeni	0,3	3
bentso(a)peryleeni	0,8	8
indeno(123-cd)pyreeni	0,6	6
mineraaliöljy	50	1500
DDT+DDE+DDD	0,01	0,03
PCB:t (IUPAC-numerot) (ug/kg kuiva-ainetta)		
25	1	30
52	1	30
101	4	30
118	4	30
138	4	30
153	4	30
180	4	30
tributyylitina (TBT)**	3	200
Dioksiinit ja furaanit (ng WHO-TEQ/kg)		
(PCDD ja PCDF)	20	500



Finnish Consulting Group
Infra ja ympäristö

Lähde: Vahanne ja muut, 2007

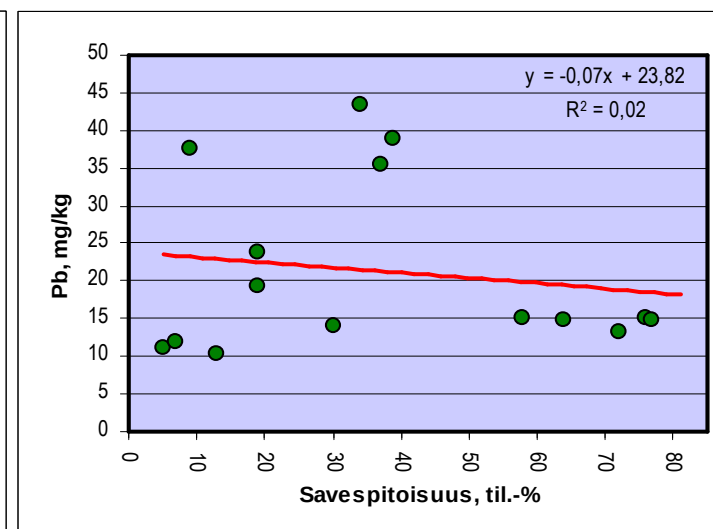
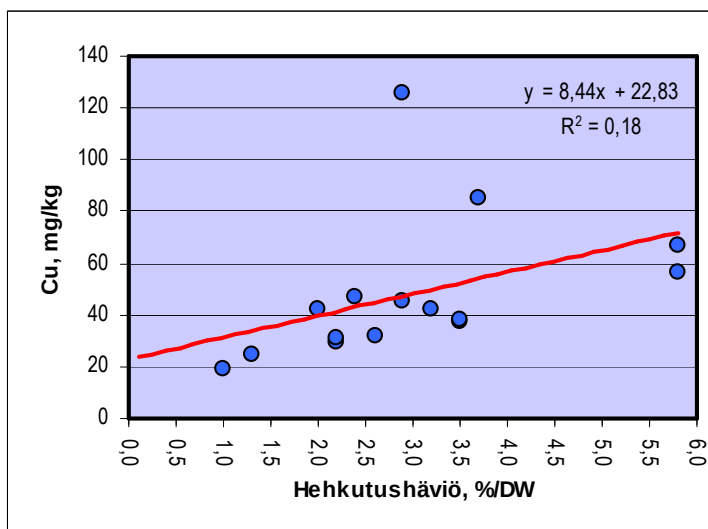
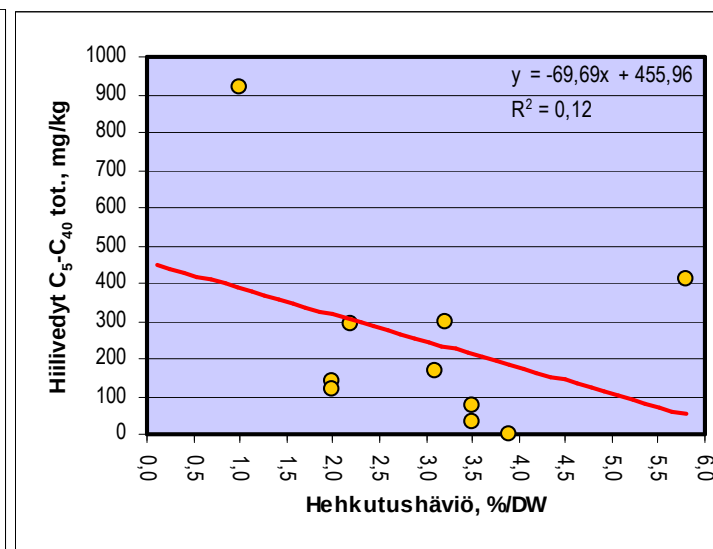
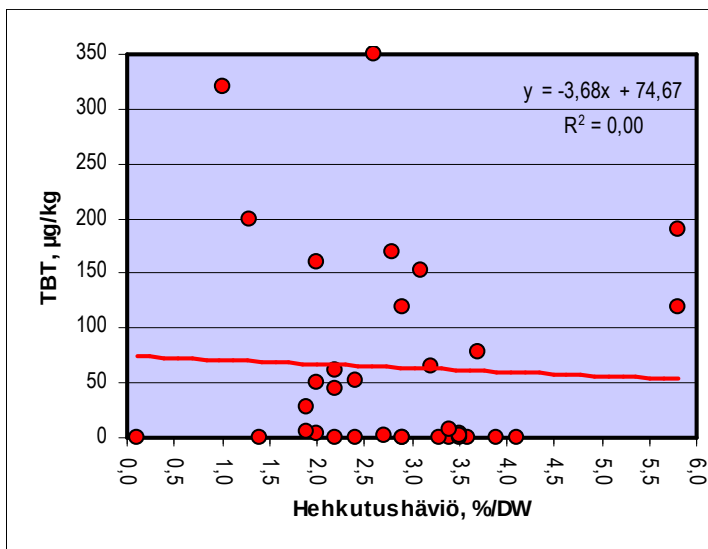
Pitoisuuksien normalisointi



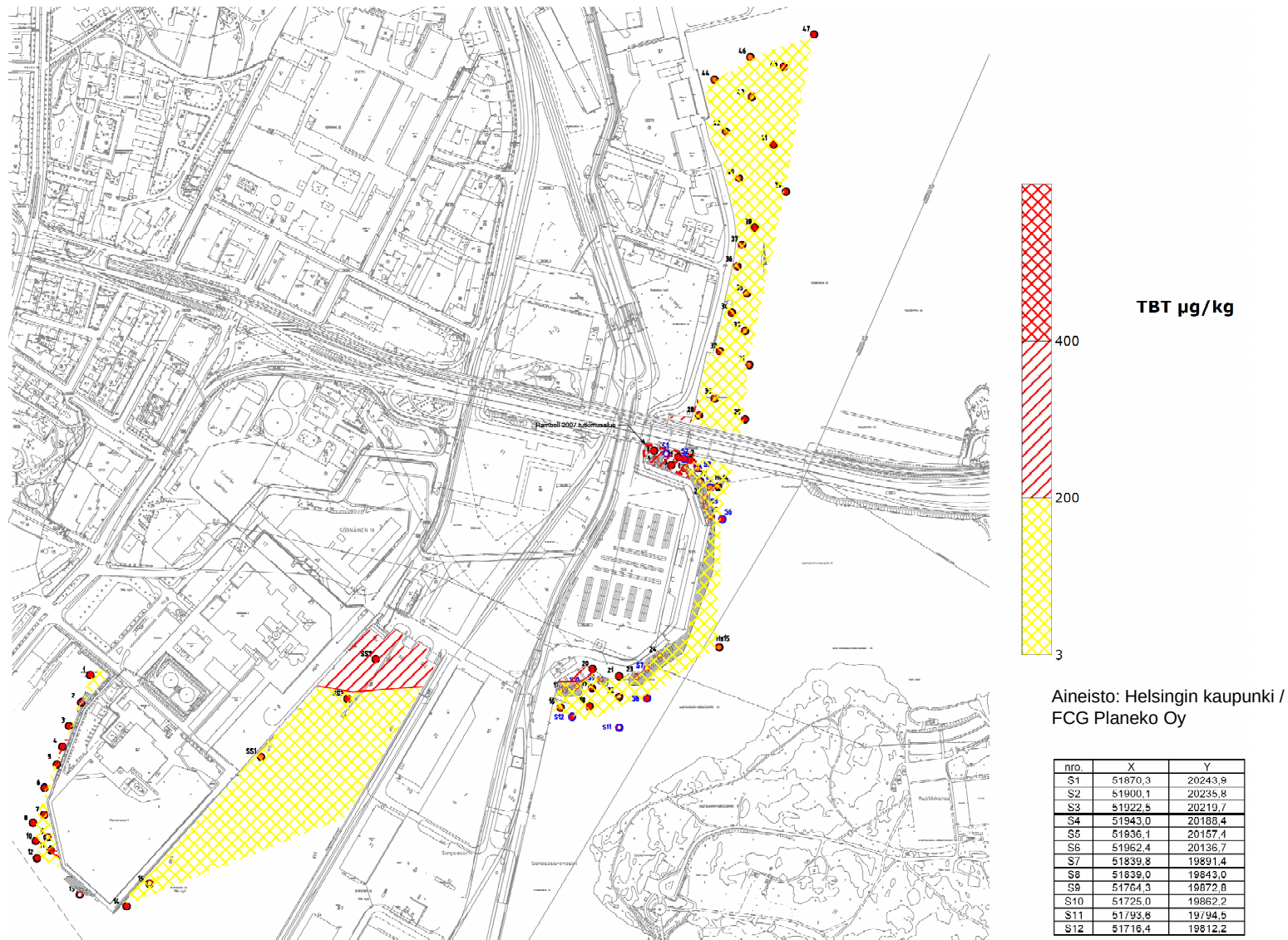
- Orgaanisten yhdisteiden normalisointi tapahtuu kaavan $C_{\text{korjattu}} = C_{\text{mitattu}} (\text{kuiva-ainesta kohden}) * 10 / \text{orgaanisen aines (\% hehkutushäviönä)}$, koska orgaanisen aineksen oletetaan pidättävän haitta-aineita.
- Hehkutushäviö voi tässä vaihdella välillä 2-30 % (PAH-yhdisteillä 10-30 %).
- Metallipitoisuuksien normalisointiin tarvitaan lisäksi savespitoisuus, koska saviaineksen oletetaan pidättävän metalleja.
- Merisedimentin vähäinen orgaanisen aineksen määrä helposti moninkertaistaa normalisoidut pitoisuudet.
- Näyttää saviaineksen ja orgaanisen aineksen haitta-aineita pidättävästä vaikutuksesta ei satamasedimentissä kuitenkaan ole.

Parametrien korrelaatiot satamasedimentissä

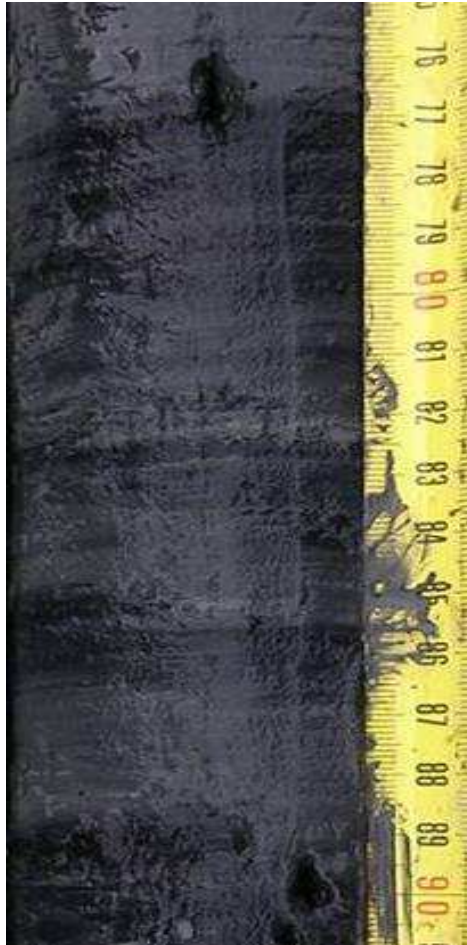
- Korrelaatio TOC:n ja orgaanisten haitta-aineiden sekä TOC:n, savifraktion ja metallien välillä ovat yllättävän heikkoja.
- Syynä voimakkaat virtaukset / sekoittuminen
- Normalisoinnin järkevyys?



Esimerkki: Kalasataman edustan sedimentti



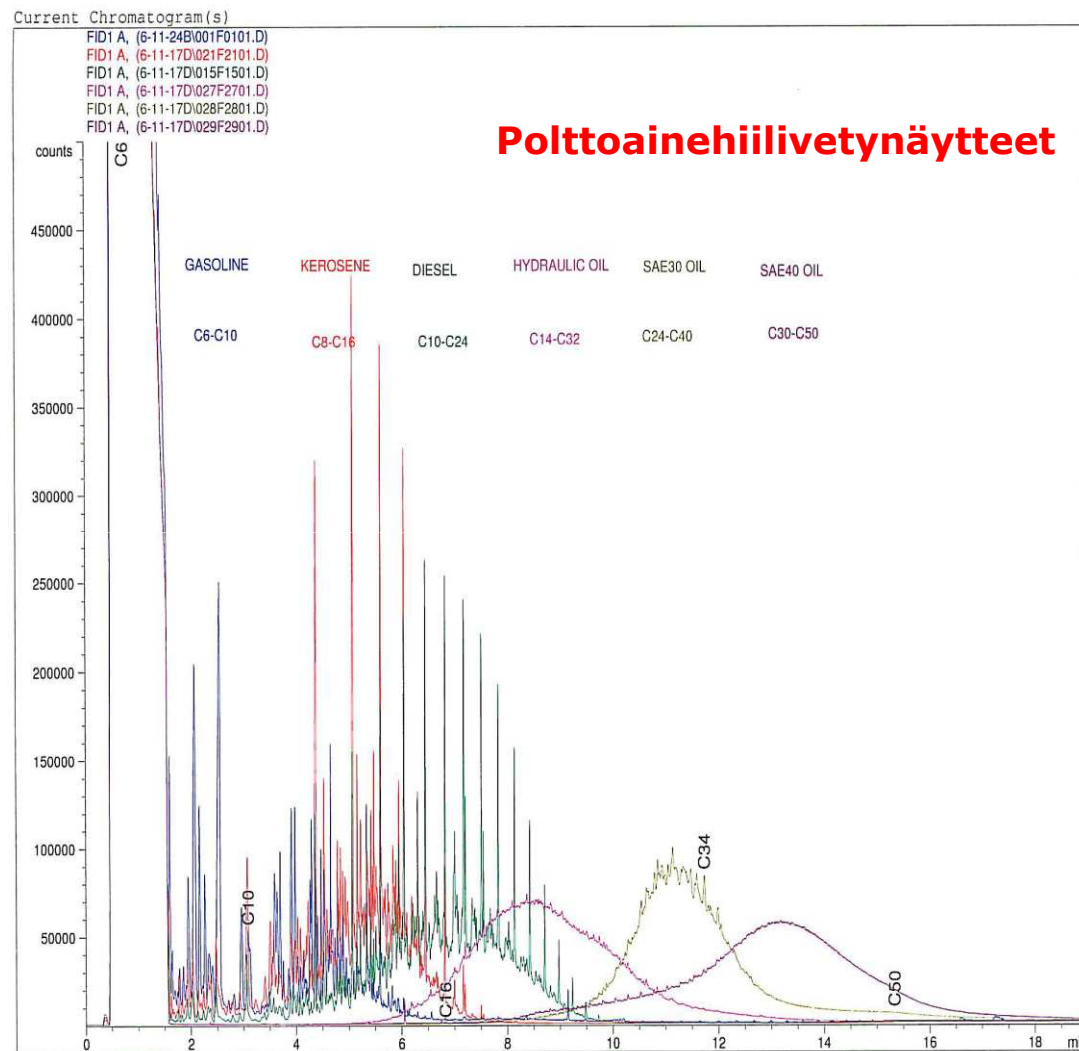
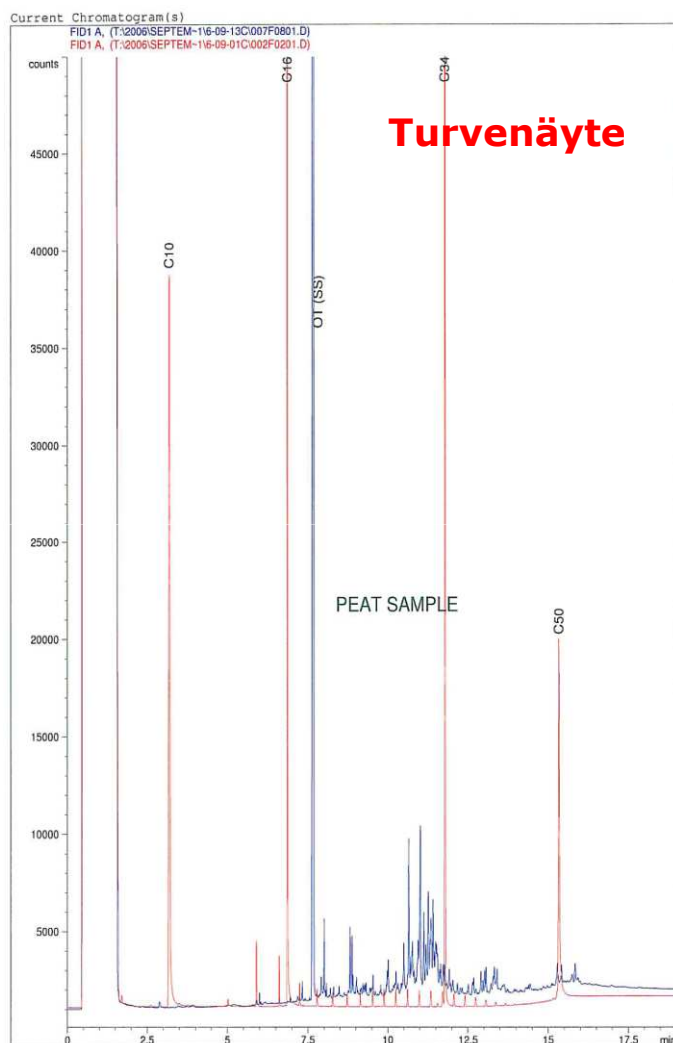
Muita sedimentille tyypillisiä pilaantuneisuuden arviointiongelmia



- Luontaiset hiilivedyt jotka näkyvät öljyanalyysissä
- TBT:n 'hippuefekti'
- Sedimentin geokemiallisesti aktiivinen pintakerros ja sisäinen kuormitus
- Osin huonosti tunnetut taustapitoisuudet
- Kokonaispitoisuudet vs. liukoiset (biosaatavat) pitoisuudet
- Näytteenoton ongelmat syvältä sedimentistä
- Moniongelmaisia kohteita, mitä analysoidaan?



Luontaiset hiilivedyt sedimentissä



➤ Tyypillisesti 200-300 mg/kg

Geokemiallisesti aktiivinen pintakerros



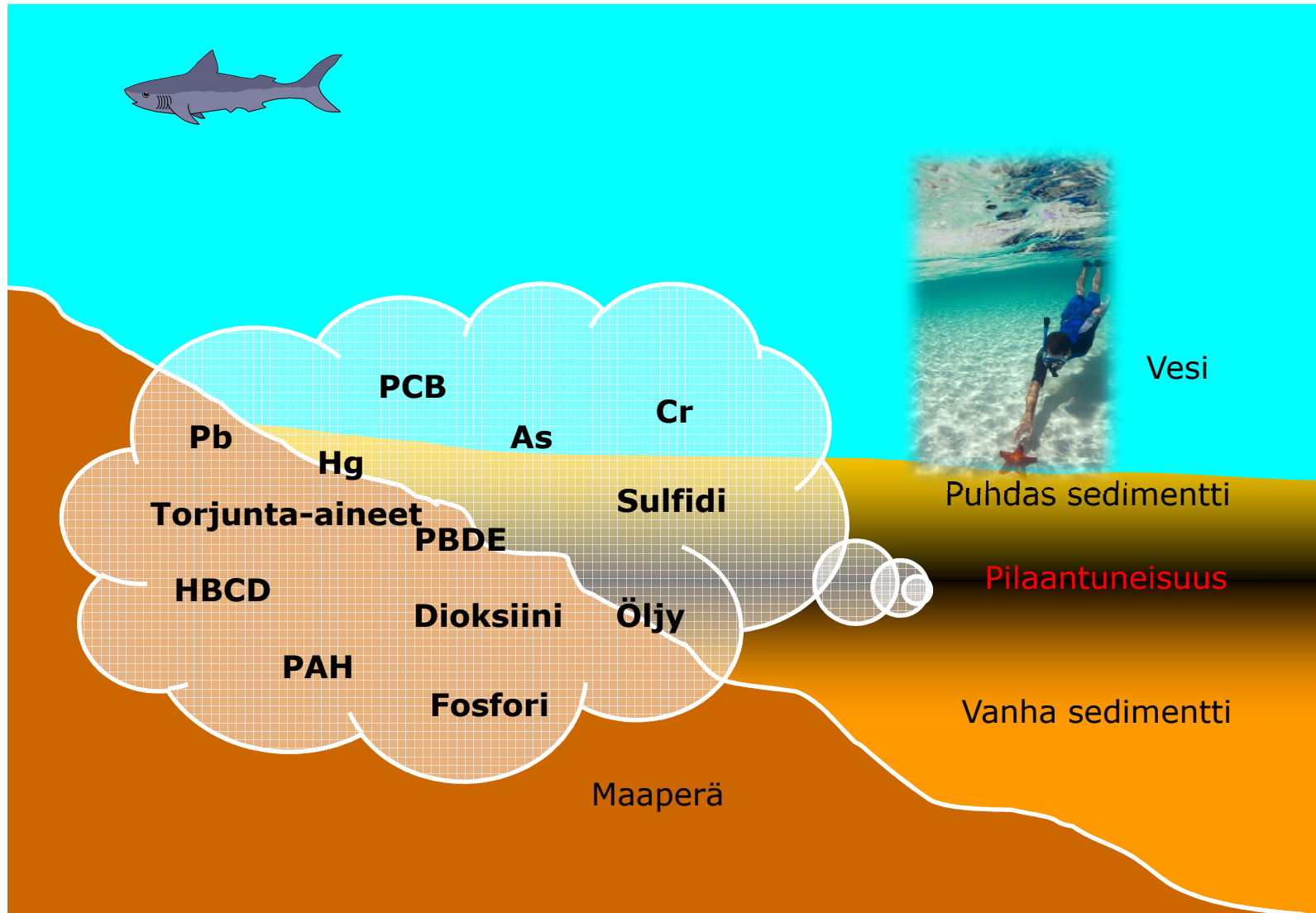
- Vaihtaa aineita vesimassan kanssa
- Haitta-ainepitoisuudet yleensä suurimmillaan täällä
- Vaikea tulkita sedimentin geokemiallisessa profiilissa
- Tämän alapuolella sedimentti 'historiallista' (ei koske satamasedimenttejä)
- Aineet liikkuvat sedimentissä yleensä vain ylöspäin

A photograph of a body of water heavily contaminated with a dark, viscous substance, likely oil, which is spreading across the surface and reflecting light in iridescent colors. The text '3. Uudet haitta-aineet' is overlaid in yellow.

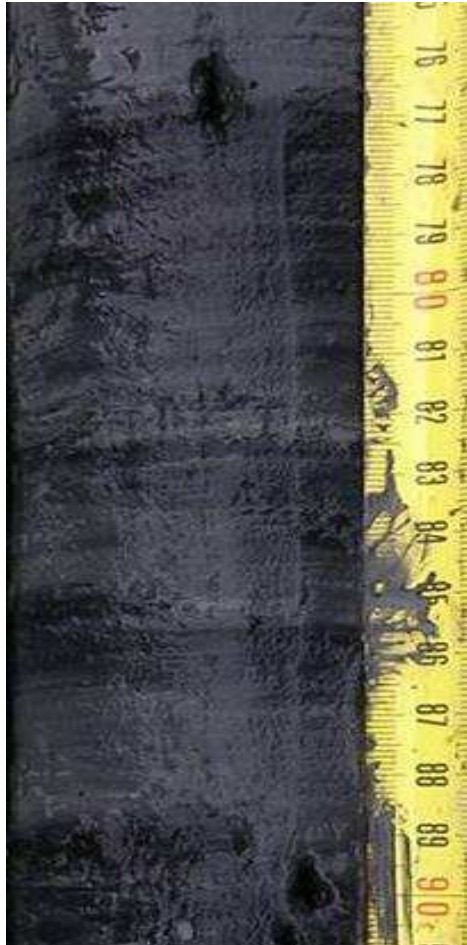
3. Uudet haitta-aineet

Mahdollisia haitta-aineita ja altistumisreittejä lukematon määrä

Arto Itkonen



Yleensä PIMA-sedimentistä tutkitaan seuraavia:

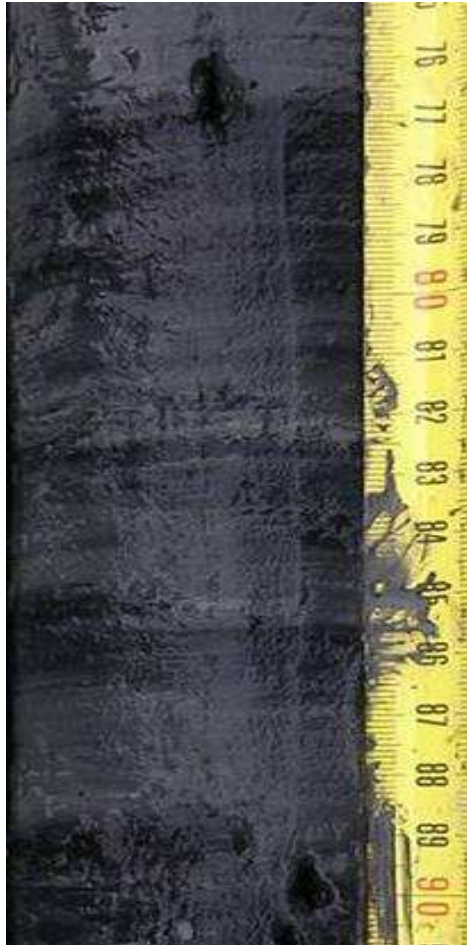


- Tributyylitina, trifenyylitina
- PCB-kongeneerit
- PAH-yhdisteet
- Öljyhiilivedyt
- Raskasmetallit + arseeni

OLISIKO ORGANOTINAYHDISTEISIIN
KESKITYTTY LIIKAA?



Miksi emme yleensä tutki näitä?



- VOC-yhdisteet
 - Kokemuksien mukaan esiintyy sedimentissä paljon
- Dioksiinit ym. POP-yhdisteet
 - Yleisiä satamasedimenteissä?
- Pestisidit
 - Maatalousalueiden jokisuut?
- Bromatut palonestoaineet
- Kaasut
 - Esim. rikkikaasut myrkyllisiä
- Ravinteet
 - Muodostavat merkittävän osan vesistövaikutuksista
- Säteily, levämyrkyt jne.

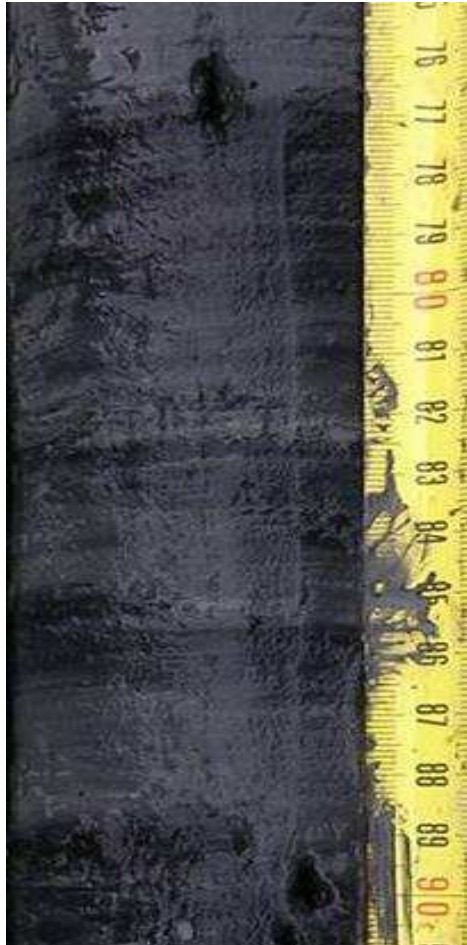


Hormonitoimintaa häiritsevät aineet



- Kaikki ihmiset altistuvat päivittäin hormonitoimintaa häiritseville aineille sillä niitä esiintyy pieninä pitoisuuksina tuhansissa tuotteissa.
- Usein ihmisissä todettuja ovat DDT, PCB-yhdisteet, PBDE-yhdisteet ja erilaiset ftalaatit.
- Näiden esiintymistä vesistöissä on tutkittu jo pitkään.
- Organotinayhdisteillä on todettu hormonaalisia vaikutuksia vesieliöihin.

Uudet haitta-aineet (emerging contaminants)



- Ihmisten ja eläinten lääkeaineet
 - Mm. kofeiini, kodeiini ja ibuprofeeni, nikotiinin hajoamistuotteet
- Antibiootit
- Teollisen ja talousjäteveden yhdisteet
 - Insektisidejä, muovin pehmennysaineita, PAH:eja, antioksidantteja, pesuaineiden hajoamistuotteita, palonestoaineita, muita mm. liuottimia, kyllästysaineita, triklosaani
- Lisääntymis- ja kasvuhormonit



4. Korjaavia toimenpiteitä

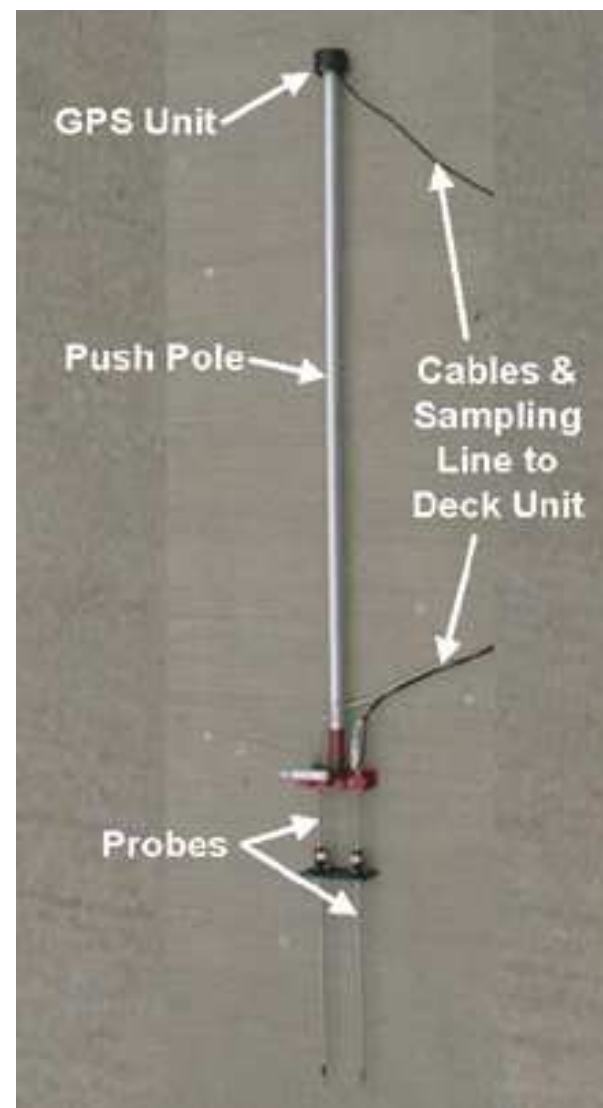
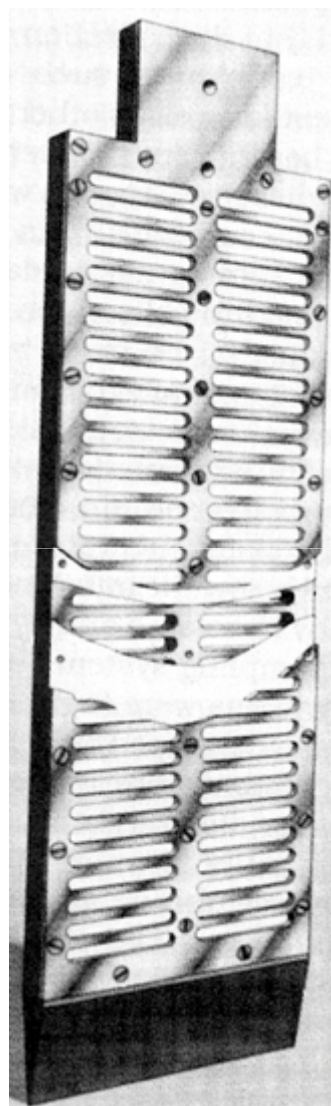
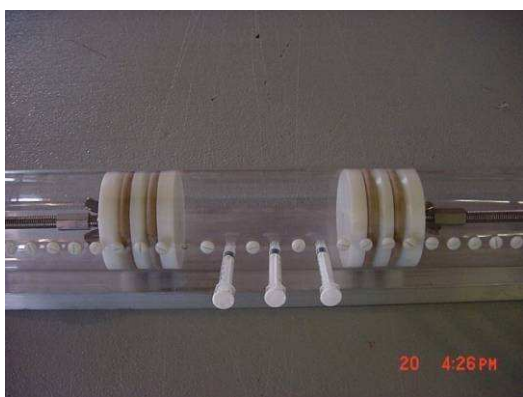
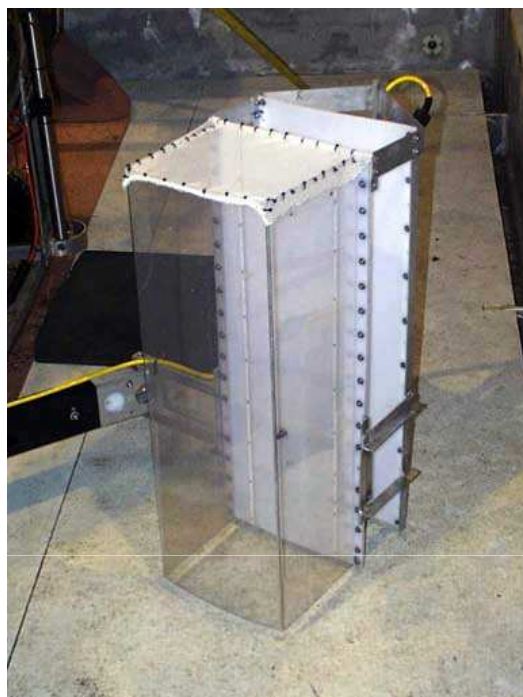


Korjaavia toimenpiteitä



- Sedimentin pilaantuneisuus tulisi selvittää koko Suomesta, myös sisävesiltä
- Tarvitaan lainsäädäntö sedimentin pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista
- Pohjadynamiikan arviointi aina tutkimusvaiheessa
 - Stratigrafian kuvaus, luotaukset
- Haitta-aineiden monipuolisemmat analyysit
 - Mm. laajat analyysipaketit
- Osittaisliuotukset , liukoisuustestit ja huokosvesianalyysit biosaatavuuden todentamiseksi
- Sedimenttikaasun analyysit?
- Biotoksisuustestaukset, pohjaeläinkartoitukset
 - Läjityskriteeritasojen 1 ja 2 väli
 - Yksinkertaisimmillaan valobakteeritestit
- Pilaantuneisuuden arvioinnin tulisi lopulta aina perustua riskinarviointiin

Uusia näytteenottimia sedimentille?



Kiitos!



FCG Planeko Oy

PL 30 (Osmontie 34), 00601 Helsinki
Puhelin 010 409 5000
etunimi.sukunimi@fcg.fi

Helsinki, Joensuu, Jyväskylä, Kerava, Kajaani, Kotka, Kuopio, Lahti,
Lappeenranta, Oulu, Porvoo, Rovaniemi, Tampere, Seinäjoki, Turku, Vaasa