



Haitta-aineiden sitoutuminen sedimenttien stabiloinnissa

Satamien ympäristöverkon teemapäivä, 31.10.2012

Noora Lindroos, Ramboll Finland Oy, noora.lindroos@ramboll.fi

TUTKITUT MATERIAALIT

SEDIMENTTINÄYTTEET

Suomi:

- Kokkolan satama
- Länsisatama, Helsinki
- Kymijoki

Puola:

- Gdynian satama

Liettua

- Klaipedan satama

SIDEAINEET

- Eri sementtilaatuja
- Masuunikuonajauhe
- Kalkki
- Lentotuhka
- Palavankiventuhka
- Kasavarastoitu dihydraatti kipsi

TUTKIMUSMENETELMÄT

Sedimenttinäytteille:

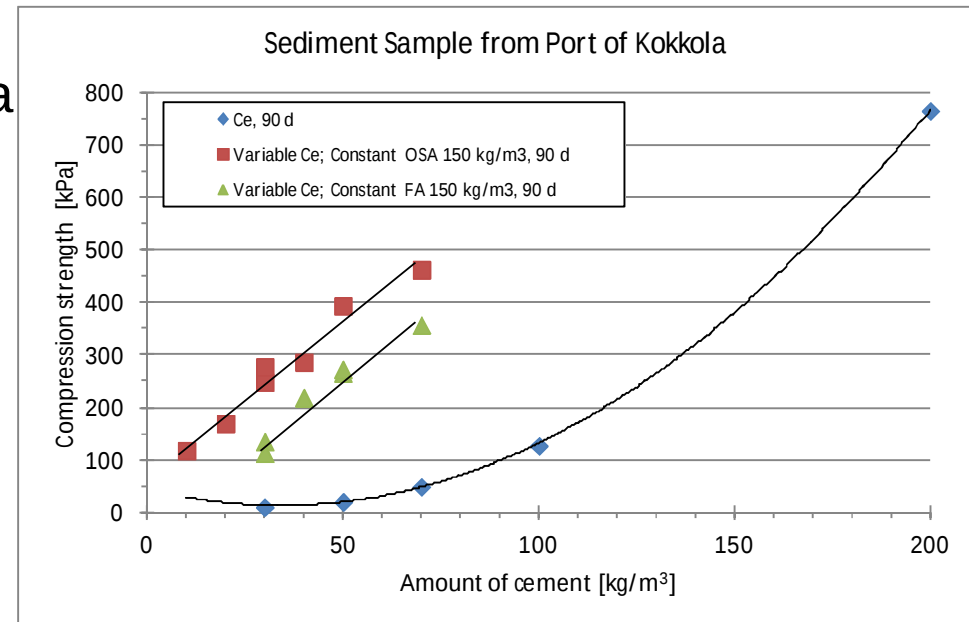
- Geotekniset peruskokeet
- Haitta-aineiden kokonaispitoisuudet
- Tekniset tutkimukset stabiloidulle sedimentille :
 - 1-akselialinen puristuslujuus
 - Vedenläpäisevyys
- Ympäristökelpoisuustutkimukset stabiloidulle sedimentille:
 - Liukoisuustestejä
 - Toksisuustestejä



TEKNISTEN TUTKIMUSTEN TULOKSIA

150 kPa tavoitelujuus voidaan saavuttaa 90 vrk:ssa seuraavilla sideainevaihtoehtoilla:

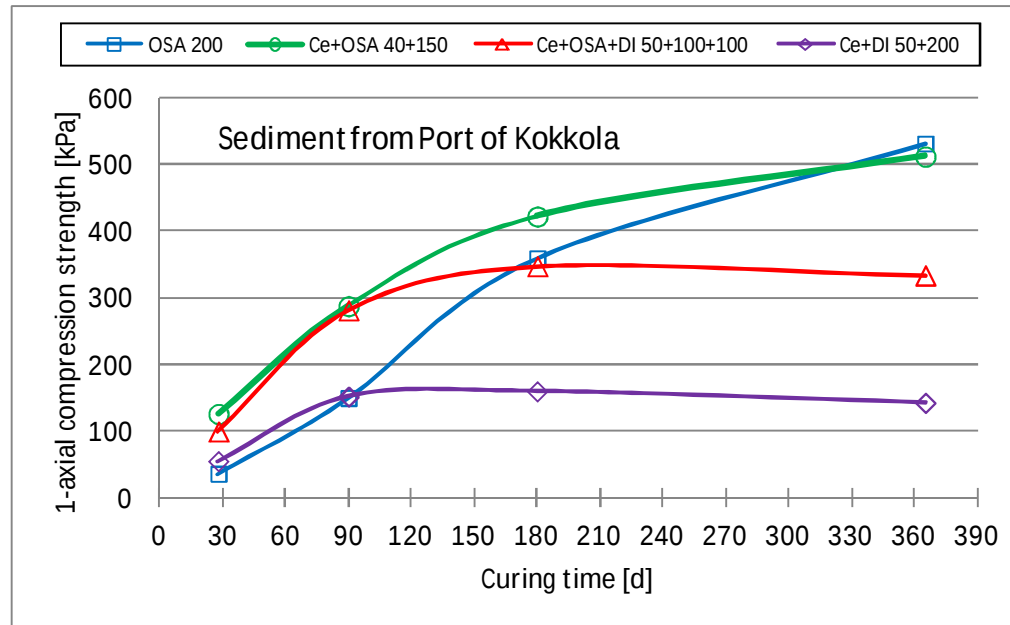
1. 105 kg/m³ sementtiä
2. 35 kg/m³ sementtiä + 150 kg/m³ lentotuhkaa
3. 15 kg/m³ sementtiä + 150 kg/m³ palavankiventuhkaa



Esimerkkinä 100 000 m³ sedimenttiä stabiloidaan:

1. 10 500 t sementtiä
2. 3 500 t sementtiä
3. 1 500 t sementtiä → sideainekustannukset !

TEKNISTEN TUTKIMUSTEN TULOKSIA, PITKÄAIKAISLUJITTUMINEN



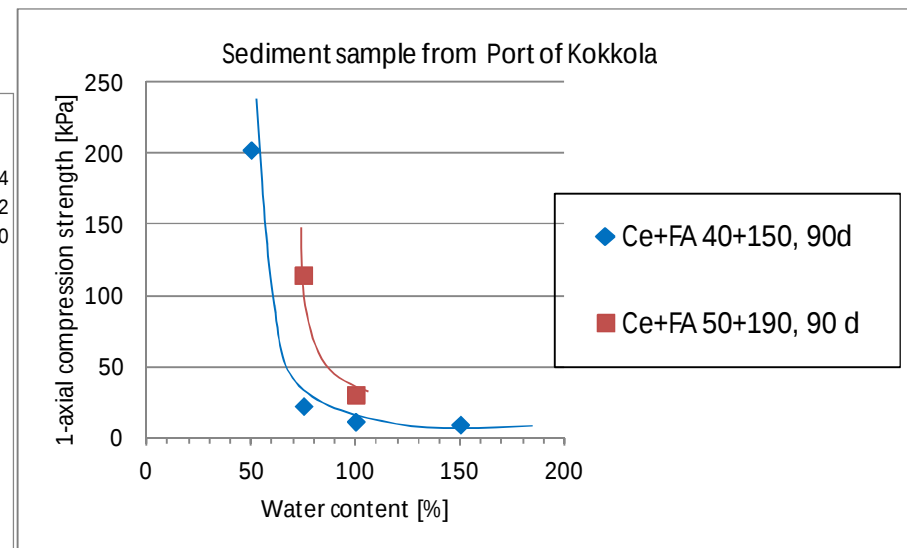
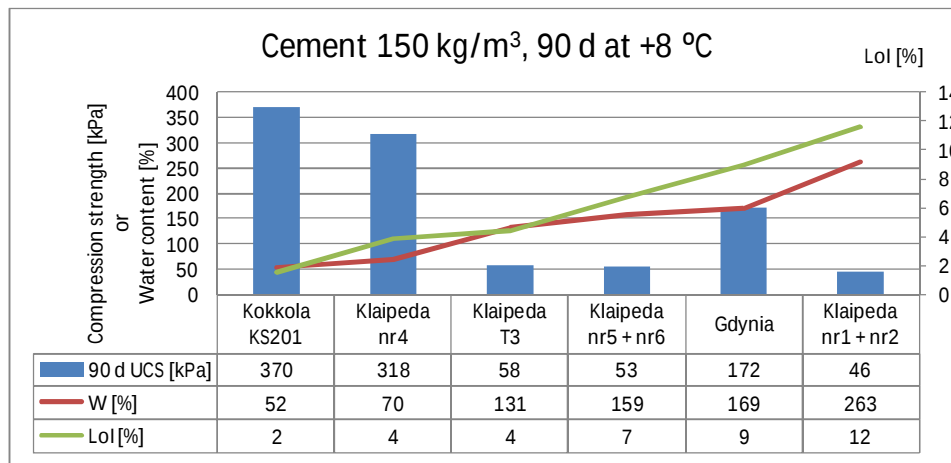
Loppulujuus:

- Sementti-kipsi seos: 90 päivää
- Sementti-kipsi-LT-seos: 180 päivää
- Sementti-PKT-seos ja PKT: lujittuminen jatkuu vuoden
- Sideainemäärää voidaan optimoida, mikäli pitkäaikaislujittuminen tunnetaan

TEKNISTEN TUTKIMUSTEN TULOKSIA SEDIMENTIN OMINAISUUDET

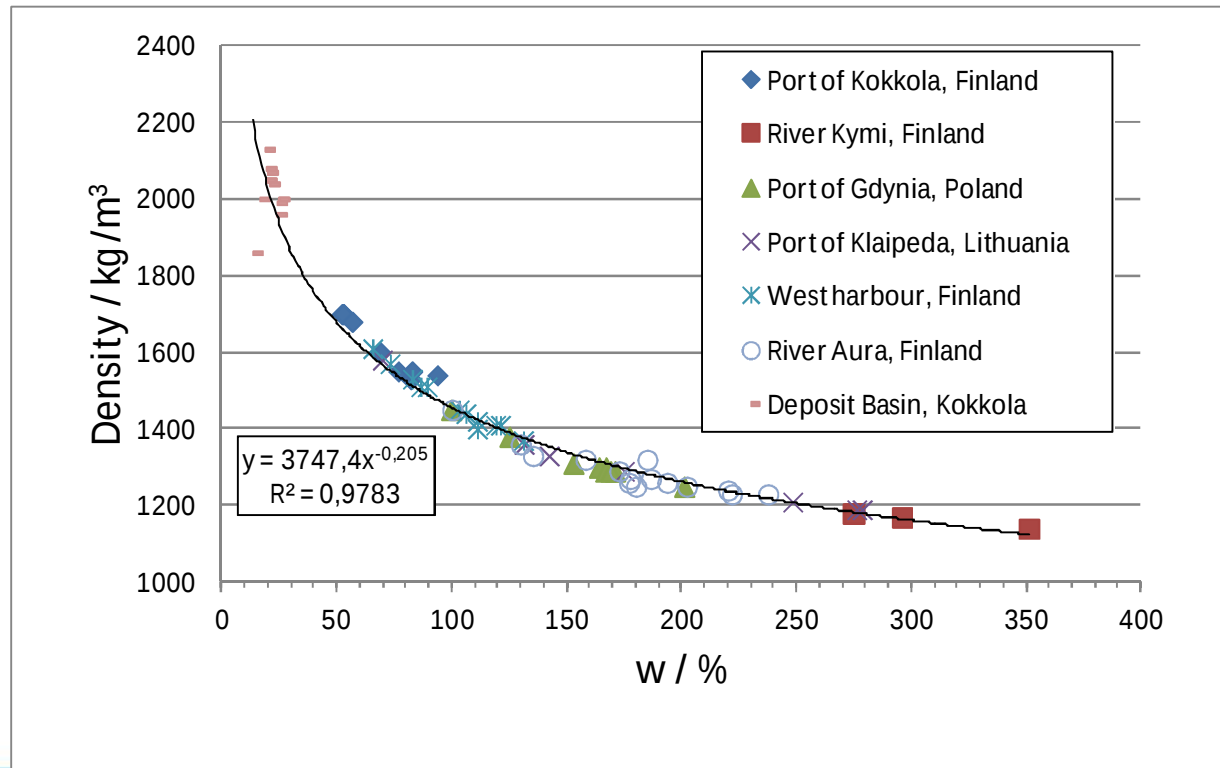
- Sediementin korkea vesipitoisuus tai orgaanisen aineksen määrä heikentää saavutettavaa lujuutta vakiosideainemäärällä
- Myös muita tekijöitä: rakeisuus, pilaantuneisuus, sulfidi/sulfaattipitoisuus

- Esimerkkinä Kokkolan sataman sedimentti ($w_0 = 50\%$) -> dramaattinen lasku lujuudessa vesipitoisuuden noustessa



TEKNISIÄ TULOKSIA, SEDIMENTIN OMINAISUUKSIA

- Tiheydellä ja vesipitoisuudella hyvä korrelaatio → ρ voidaan mitata laadunvalvontaparametrina vesipitoisuuden sijaan



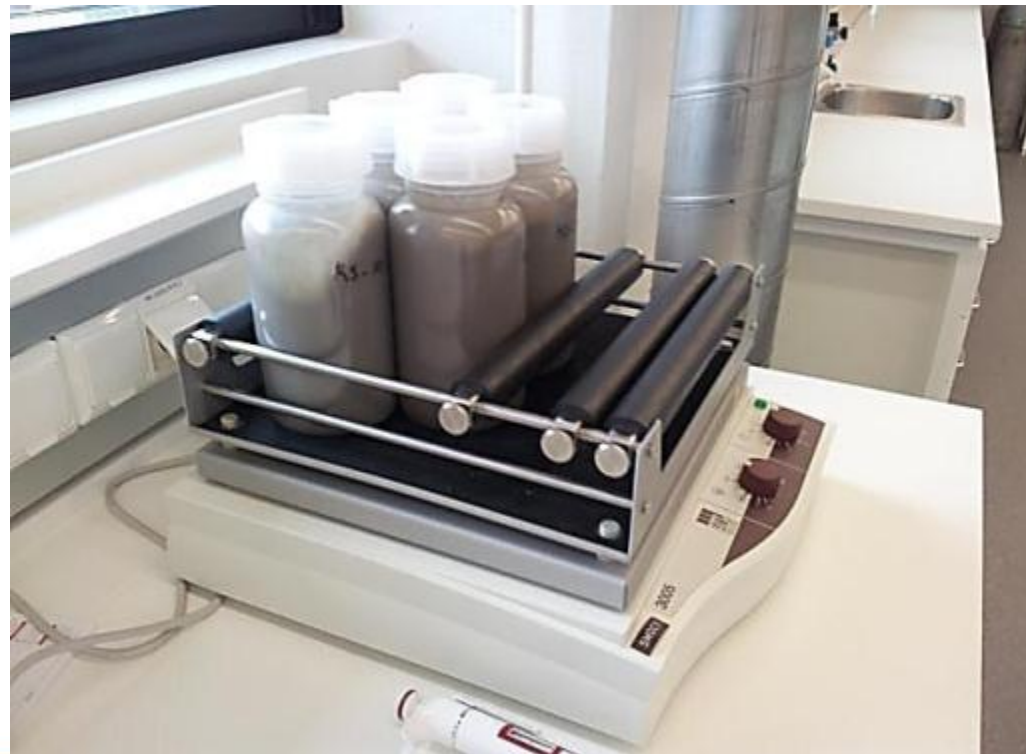
LIUKOISUUSTUTKIMUKSIA, KOESUUNNITELMA

		kg/m ³				
		Fly ash	Oil shale ash	gypsum	slag	cement
B	1	Untreated sample				
A	1	100	0	100	100	50
A	2	0	0	100	100	50
A	3	100	0	0	100	50
A	4	0	0	0	100	50
A	5	100	0	100	0	50
A	6	0	0	100	0	50
A	7	100	0	0	0	50
A	8	0	0	0	0	50
A	9	50	0	50	50	50
A	10	50	0	50	50	50
A	11	50	0	50	50	50
A	12	0	100	100	100	50
A	14	0	100	0	100	50
A	16	0	100	100	0	50
A	18	0	100	0	0	50
A	20	0	50	50	50	50
A	21	0	50	50	50	50
A	22	0	50	50	50	50

- Tutkitut sedimentit:
- Kokkola
- Kymijoki
- Gävle

LIUKOISUUSTUTKIMUSTEN TULOKSIA

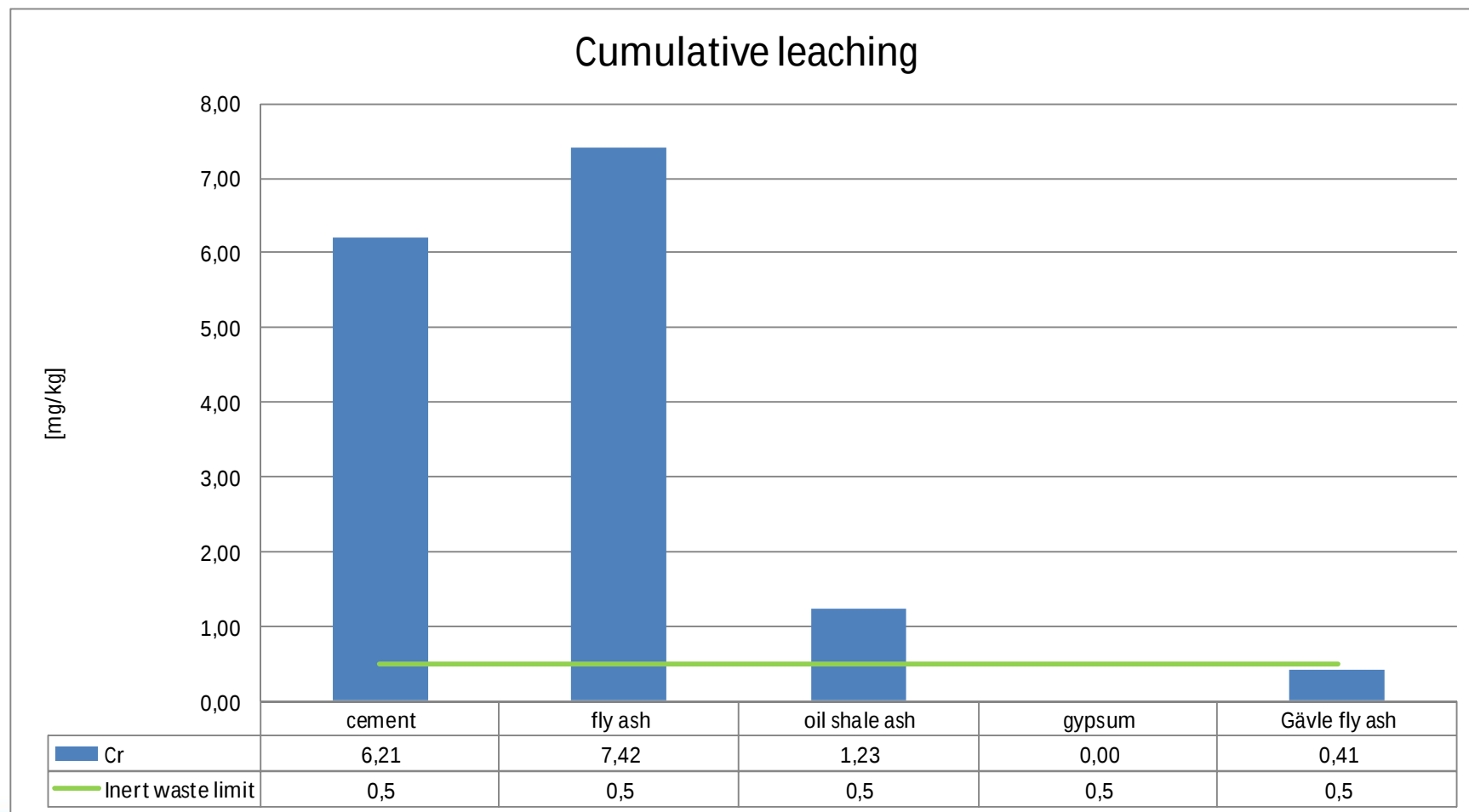
- Liukoisuuksia testattiin 2-vaiheisella ravistelutestillä (SFS-EN 12457-3)



LIUKOISUUSTUTKIMUKSET, ANALYSOIDUT AINEET

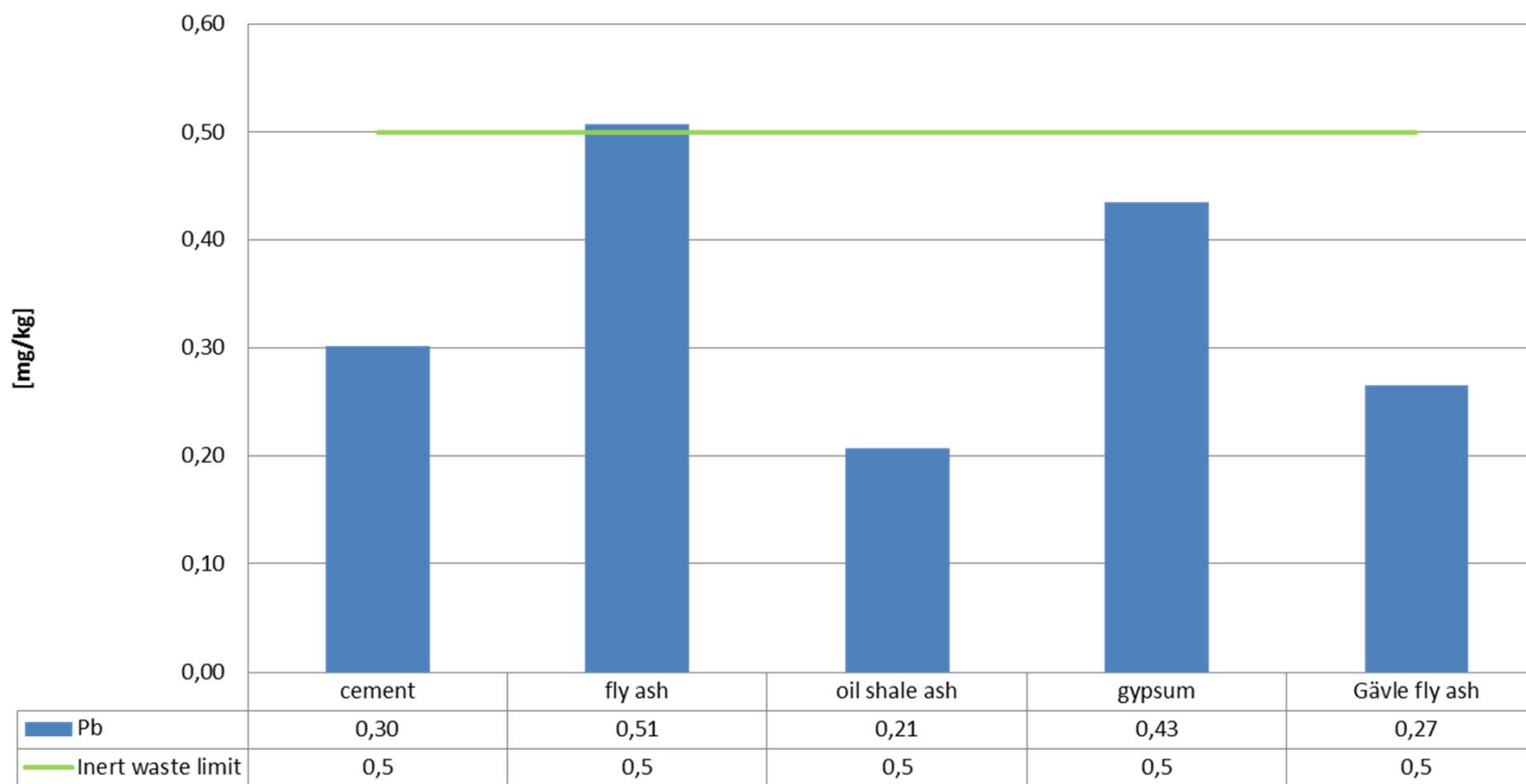
- Hg, Ag, As, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Tl, V, Zn, Cd, SO₄, Cl
- Pitoisuudet analysoitiin seuraavin menetelmin:
 - ICP-OES (Inductively coupled plasma) metallit
 - CV-AAS (cold vapour atomic absorption spectroscopy) elohopea
 - IC (ion chromatography) anionit

LIUKOISUUSTUTKIMUKSET, SIDEAINEET, KROMI



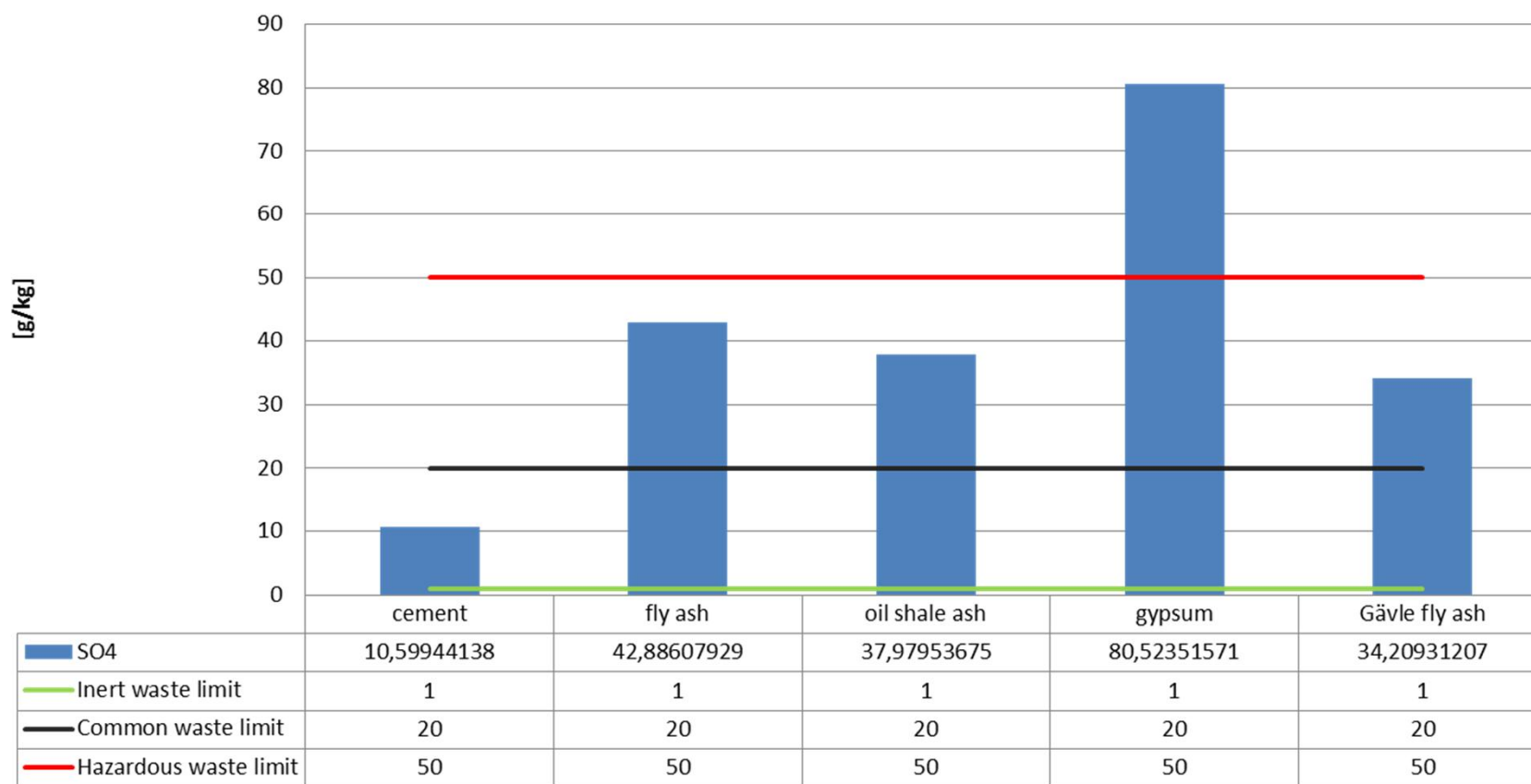
LIUKOISUUSTUTKIMUKSET, SIDEAINEET, LYIJY

Cumulative leaching



LIUKOISUUSTUTKIMUKSET, SIDEAINEET, SULFAATTI

Cumulative leaching



LIUKOISUUSTESTIEN TULOKSIA, KOKKOLAN SATAMA

Sample code	Added binders [kg/m ³]		Reference values for contaminated soil*	Zn tot [mg/kg]	Cd tot [mg/kg]	Acceptance criteria for landfills***	Zn L/S 10 [mg/kg]	Cd L/S 10 [mg/kg]
			Threshold value	200	1			
			Lower guideline value	250	10	Inert waste	4	0,04
			Higher guideline value	400	20	Regular inorganic + treated hazardous waste	50	1
			Hazardous waste limit value**	2500	1000	Hazardous waste	200	5
KS201, aged sample	-	-		3 300	16		41,95	<
KS201, aged sample	Ce	50					0,12	<
KS201, aged sample	Ce+BFS	50+100					0,24	<
KS201, aged sample	Ce+FA	50+100					0,01	<
KS201, aged sample	Ce+DI	50+100					0,16	<
KS201, aged sample	Ce+BFS+FA	50+100+100					0,01	<
KS201, aged sample	Ce+BFS+DI	50+100+100					<	<
KS201, aged sample	Ce+FA+DI	50+100+100					0,13	<
KS201, aged sample	Ce+BFS+FA+DI	50+100+100+100					<	<
KS201, aged sample	Ce+BFS+FA+DI	50+50+50+50					0,48	<
KS201, aged sample	Ce+BFS+FA+DI	50+50+50+50					<	<
KS201, aged sample	Ce+BFS+FA+DI	50+50+50+50					<	<

* Finnish Government Decree on the Assessment of Soil Contamination and the Remediation Need (214/2007)

** Hazardous waste limit values applied in Finland

*** The Amendment of Government Decision on Landfills 202/2006 in Finland

LIUKOISUUSTUTKIMUSTEN TULOKSIA, SINKIN LIUKOISUUS

- Sinkin kokonaispitoisuus 3300 mg/kg

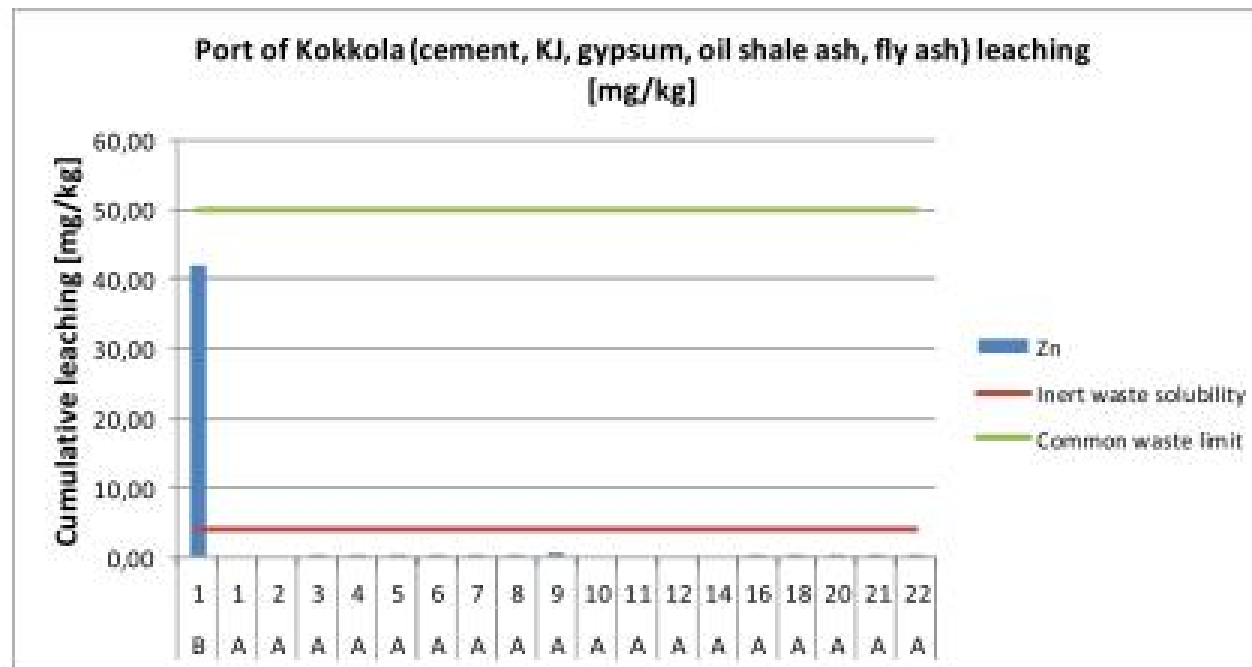


Figure 4.6 Solubility of zinc (original and stabilized samples). Sediment matrix is from port of Kokkola. Sample coding according to Table 4.1.

LIUKOISUUSTUTKIMUSTEN TULOKSIA, SULFAATIN LIUKOISUUS

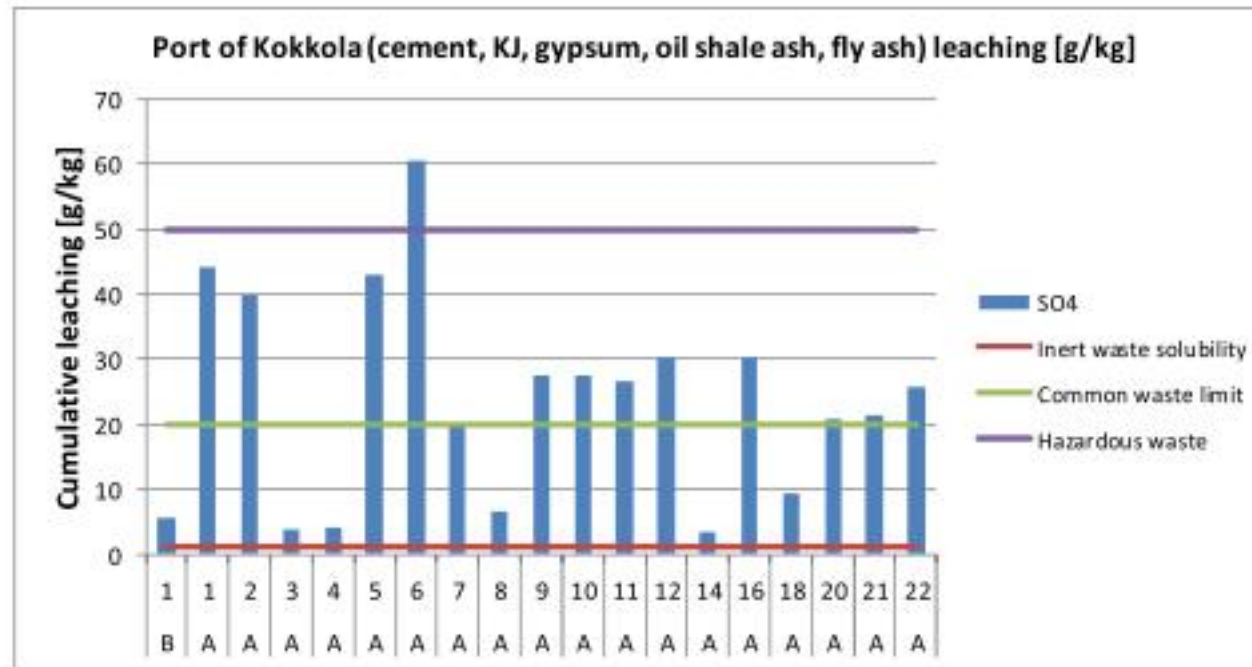


Figure 4.10 Solubility of sulphate (original and stabilized samples). Sediment matrix is from port of Kokkola. Sample coding according to Table 4.1.

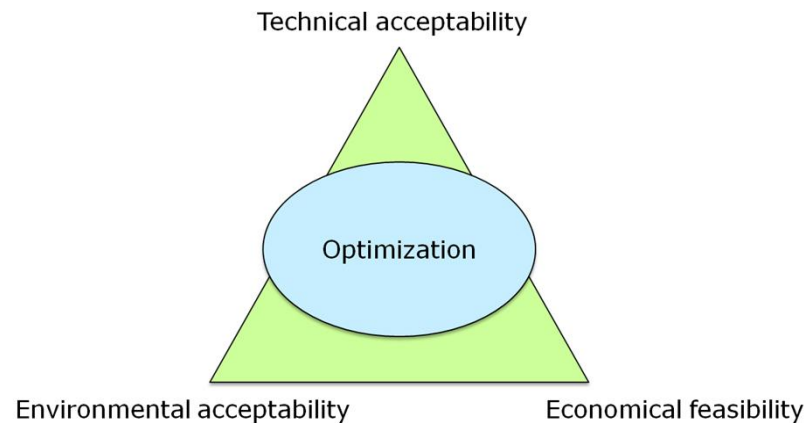
- Sulfaatin liukoisuus korreloi kipsin määrän kanssa

LIUKOISUUSTUTKIMUSTEN TULOKSIA,

- Cu, Mo, Ni, Se liukoisuudet ylittivät useimmissa seoksissa pysyvän jätteen raja-arvon, mutta alittivat selvästi tavanomaisen jätteen raja-arvon
- Muiden metallien ja kloridin liukoisuudet alittivat selvästi pysyvän jätteen raja-arvot
- Sulfaatin liukoisuudessa todettiin tavanomaisen jätteen liukoisuusraja-arvojen ylityksiä

PÄÄTELMIÄ

- Pilaantuneen sedimentin stabiloinnilla sedimentin teknisiä ominaisuuksia parannetaan , jotta sitä voidaan hyödyntää maarakentamisessa
- Samalla erityisesti metallien kulkeutuvuutta voidaan vähentää, niiden liukoisuutta pienentämällä



KIITOS!



www.smocs.eu