Uusiosideaineet koheesiomaiden stabiloinnissa

-käyttökokemukset ja ympäristövaikutukset

UUMA4 ohjelma

POHJANVAHVISTUSPÄIVÄ 2023

28.8.2023 Aalto-yliopisto

Merja Autiola

UUMA4

Taulukko 4.3 Syvästabiloinnissa käytettyjen tuotteistamattomien sideaineiden koostumuksia.

Tuotteistamaton sideaineseos:		Valmistus-	Seosaineet ja niiden %-osuudet (paino)		
	Valmis-taja	paikka	aine 1	aine 2	aine 3
lentotuhka + CEM	UPM	Jämsänkoski	lentotuhka / 70	CEM II / 30 %	-
lentotuhka + CEM	UPM	Rauma	lentotuhka / ?	CEM / ?	-
lentotuhka + CEM	Kaukaan Voima	Kaukaa	lentotuhka / 70	CEM II / 30 %	-
lentotuhka + CEM	Kymin Voima	Kouvola	lentotuhka / ?	CEM / ?	-
pohjakuona	Suomen Erityisjäte	Tampere	pohjakuona / ?	? / ?	-
TapoEco	Tapojärvi	Valkeakoski	maasementti / ?	soodasakka / ?	? / ?
Ecolan Inf-raStabi100	--				
PKT	Eesti Energia	Viro, useita	Palavankiven lento-tuhka 100%		

Tuote / Luonnonmateriaali | Sivutuote / Jäte | Sementtistanardin mukainen

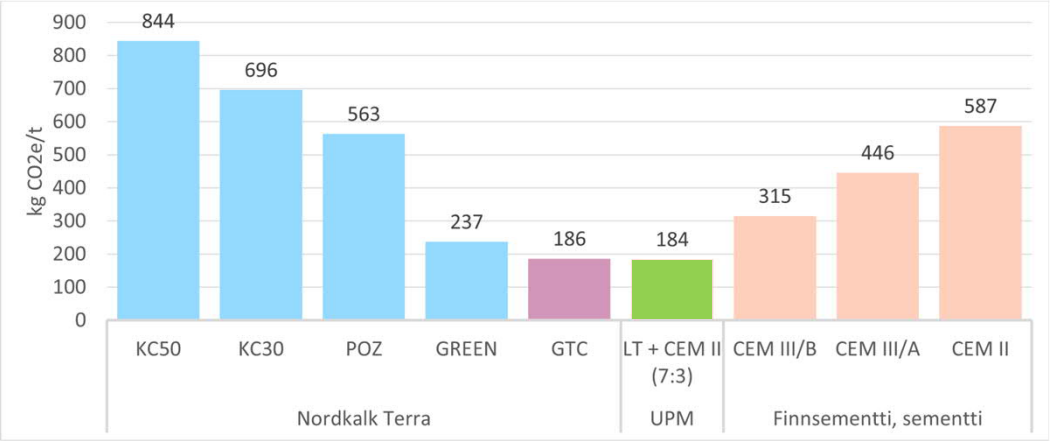
Taulukko 4.2 Syvästabiloinnissa käytettyjen tuotteistettujen sideaineiden koostumuksia. (LUONNOS)

Tuotteistettu sideaine / -seos:	Valmis-taja	Valmistus-paikka	Seosaineet ja niiden %-osuudet (paino)		
			aine 1	aine 2	aine 3
Terra GTC	Nordkalk	Lohja Tytyri	sammutettu kalkki / 33 %	Kipsi / 33 %	CEM III / 33 %
Terra GREEN	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 50 %	CEM III / 50 %	-
Terra PQZ	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 33 %	CaO / 33 %	CEM III / 33 %
Terra KC30	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM III / 70 %	CaO / 30 %	-
Terra KC50	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM III / 50 %	CaO / 50 %	-
SR-CEM	Finnse-mentti				
CEMI			sementti / 95–100 %		
CEMII Oiva	Finnse-mentti	Lappeen-ranta Parainen	sementti / 65–79 %	maku / 6-25 %	kalkkikivi / 6-20 %
CEMIII / A 52,5	Finnse-mentti	Parainen	sementti / 35–64 %	maku / 36-65 %	sivuosa-aine / 0-5 %
CEMIII / B 42,5 L	Finnse-mentti	Parainen			
CEM I-III		EU			

Koosteraportti uusiosideaineista syvästabiloinnissa

UUMA 4, työryhmä 7 Syvästabiloinnin uusiosideaineet

- Tarkoitus: lisätään tilaajien, viranomaisten ja sideainekehittäjien tietoa syvästabilointimenetelmästä ja käynnissä olevasta sideaineiden kehitystyöstä
- Ilmastotavoitteet on huomioitava myös syvästabiloinnissa, joka on perinteisillä kalkki- ja sementtituotteilla hyvin hiilidioksidi-intensiivistä
- Uusiosideaineiden käytössä on törmätty varsin kirjavaan menettelyyn. Ympäristöluvan tarve on osin jäänyt epäselväksi.
- Tavanomaisessa infran syvästabiloinnissa hankekohtainen ympäristöluvitus ei ole realismia, joten kaikki teknisesti toimivat ja ympäristölle turvalliseksi osoitetut uusiosideaineet tulisi jatkossa saada riittävän vapaasti käytettäviksi.



1.	Johdanto	4
2.	Syvästabilointimenetelmä	5
2.1	Syvästabiloinnin periaate ja tavoite	5
2.2	Syvästabilointi pohjanvahvistuksena	6
2.2.1	Pilaristabilointi	6
2.2.2	Massasyvästabilointi	7
2.3	Syvästabilointi massojen jalostamisessa	8
2.3.1	Massastabilointi	8
2.3.2	Prosessistabilointi	9
2.4	Sideaineen kuljetus ja välivarastointi	10
3.	Syvästabiloinnin geotekninen suunnittelu	11
3.1	Ohjeistus	11
3.2	Stabiloidun maan tekniset ominaisuudet	11
3.3	Ennakkotutkimukset	12
3.4	Suunnittelu	13
3.5	Laadunvalvonta	13
4.	Syvästabiloinnin sideaineet	14
4.1	Sideaneet 1970–2010-luvuilla	14
4.2	Sideaineet ja niiden raaka-aineet	14
4.3	Syvästabiloinnissa käytössä olevat sideaineet	16
4.4	Stabiloidun maan lujittuminen eri sideaineilla	17
4.5	Sideaineiden CO_2e-päästöt	18
4.6	Sideaineiden kokonaispitoisuudet	18
5.	Syvästabilointi pohjanvahvistuksena, ympäristövaikutukset	21
5.1	Vaikutusmekanismit	21
5.2	Ympäristöseurantatuloksia (Taavi)	23
6.	Massa- ja prosessistabilointi maa-ainesten jalostamisessa	25
6.1	Jalostamisen tavoite	25
6.2	Jalostettavat runkoaineet	25
6.3	Jalostuksen vaikutus aineiden liukoisuuteen	25
6.4	Laadunvarmistus pilaantuneen maan tai ruoppausmassan massastabiloinnissa	25
6.5	Ympäristöseurantatuloksia	26
6.5.1	Pintaliukenemistesti	28
6.5.2	Kokonaispitoisuudet	28
6.5.1	Liukoiset pitoisuudet	32
7.	Stabiloidut kaivumassat ja niiden hyödyntäminen	36
7.1	Stabiloitujen kaivumassojen muodostuminen	36
7.2	Stabiloitujen kaivumassojen jäteluonne ja ympäristöluvan tarve	36
7.3	Stabiloidut kaivumassat happamilla sulfaattimailla	38
7.4	Esimerkkejä stabiloidun kaivumassan höydyntämiskohteista	38
7.5	Toteutettuja kohteita	38
8.	Stabilointi neutralointimenetelmänä	40
8.1	Neutraloitavat maa-ainekset	40
8.2	Neutralointi aineet	40
8.2.1	Neutraloivat aineet kaupalliset	40
8.2.2	Neutraloivat aineet jätejakeet	41

Sisältö

1. Syvästabilointimenetelmä
2. Syvästabiloinnin geotekninen suunnittelu
3. Syvästabiloinnin sideaineet
4. Syvästabilointi pohjanvahvistuksena, ympäristövaikutukset
5. Massa- ja prosessistabilointi maa-ainesten jalostamisessa
6. Stabiloidut kaivumassat ja niiden hyödyntäminen
7. Stabilointi neutralointimenetelmänä
8. Ympäristöominaisuuksien raja-arvoja
9. Sideaineet ja ympäristölainsäädäntö
10. Yhteenveto ja kehitysideat

- Liitteenä kohde-esimerkkejä

Sideaineet

Tuote	Sivutuote	Sementtistandardin mukainen
Luonnonmateriaali	Jäte	

Taulukko 4.2 Syvästabiloinnissa käytettyjen tuotteistettujen sideaineiden koostumuksia

Tuotteistettu sideaine / -seos:		Valmistus-	Seosaineet ja niiden %-osuudet (paino)		
	Valmis-taja	paikka	aine 1	aine 2	aine 3
Terra GTC	Nordkalk	Lohja Tytyri	sammutettu kalkki / 33 %	Kipsi / 33 %	CEM III / 33 %
Terra GREEN	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 50 %	CEM III / 50 %	-
Terra POZ	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 33 %	CaO / 33 %	CEM III / 33 %
Terra KC30	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM III / 70 %	CaO / 30 %	-
Terra KC50	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM III / 50 %	CaO / 50 %	-
SR-CEM	Finnse-mentti				
CEMI			sementti / 95–100 %		
CEMII Oiva	Finnse-mentti	Lappeen-ranta Parainen	sementti / 65–79 %	maKu / 6-25 %	kalkkikivi / 6-20 %
CEMIII / A 52,5	Finnse-mentti	Parainen	sementti / 35–64 %	maKu / 36-65 %	sivuosa-aine / 0-5 %

UUMA4

Sideaineet

Tuote	Sivutuote	Sementtistandardin mukainen
Luonnonmateriaali	Jäte	

Taulukko 4.2 Syvästabiloinnissa käytettyjen tuotteistettujen sideaineiden koostumuksia

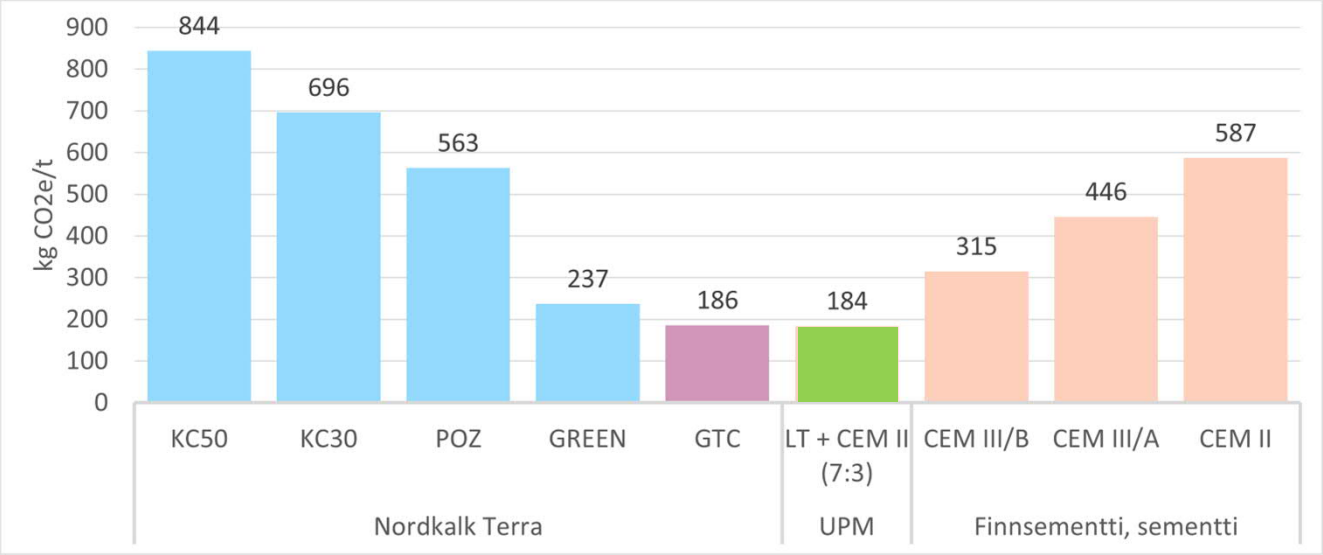
Tuotteistettu sideaine / -seos:		Valmistus-	Seosaineet ja niiden %-osuudet (paino)		
	Valmis-taja	paikka	aine 1	aine 2	aine 3
Terra GTC	Nordkalk	Lohja Tytyri	sammutettu kalkki / 33 %	Kipsi / 33 %	CEM III / 33 %
Terra GREEN	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 50 %	CEM III / 50 %	-
Terra POZ	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 33 %	CaO / 33 %	CEM III / 33 %
Terra KC30	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM III / 70 %	CaO / 30 %	-
Terra KC50	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM III / 50 %	CaO / 50 %	-
SR-CEM	Finnse-mentti				
CEMI			sementti / 95–100 %		
CEMII Oiva	Finnse-mentti	Lappeen-ranta Parainen	sementti / 65–79 %	maKu / 6-25 %	kalkkikivi / 6-20 %
CEMIII / A 52,5	Finnse-mentti	Parainen	sementti / 35–64 %	maKu / 36-65 %	sivuosa-aine / 0-5 %

Taulukko 4.3 Syvästabiloinnissa käytettyjen tuotteistamattomien sideaineiden koostumuksia.

Tuotteistamaton sideaineseos:		Valmistus-	Seosaineet ja niiden %-osuudet (paino)		
	Valmis-taja	paikka	aine 1	aine 2	aine 3
lentotuhka + CEM	UPM	Jämsänkoski	lentotuhka / 70	CEM II / 30 %	-
lentotuhka + CEM	UPM	Rauma	lentotuhka / ?	CEM / ?	-
lentotuhka + CEM	Kaukaan Voima	Kaukaa	lentotuhka / 70	CEM II / 30 %	-
lentotuhka + CEM	Kymin Voima	Kouvola	lentotuhka / ?	CEM / ?	-
pohjakuona	Suomen Erityisjäte	Tampere	pohjakuona / ?	? / ?	-
TapoEco	Tapojärvi	Valkeakoski	maasementti / ?	soodasakka / ?	? / ?
Ecolan Infra-Stabi100	--				
PKT	Eesti Energia	Viro, useita	Palavankiven lento-tuhka 100%		

Sideaineiden CO_2e-päästöt

- Sideaineen kuljetus työmaalle ja itse stabilointityö aiheuttavat varsin vähän päästöjä.
- Suurin päästö muodostuu sideaineen valmistuksesta, voi olla yli 90 % syvästabiloinnin CO_2e-päästöstä
- Sideaineen tuotannon päästöjä voidaan vähentää käyttämällä jäte- tai sivutuoteperäisiä uusiosideaineita (jätemateriaalin päästökerroin on nolla).
- Päästöjä voidaan vähentää jopa 70-80 %

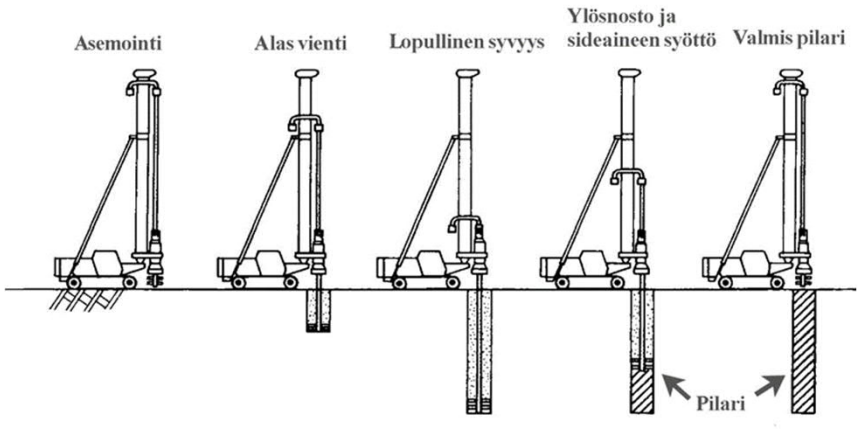


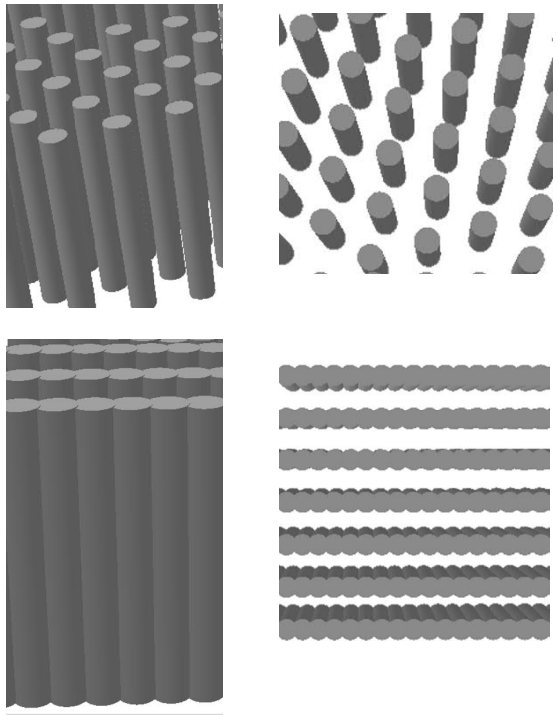
UUMA4

Sideaineiden kokonaispitoisuudet, esimerkkejä

Vertailuarvot			Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	Al	Ba	Ca	Fe	Mn	Mo	Mg
Taustapitoisuus			0,02	1	0,005	0,03	8	31	22	5	17	31	38							
Kynnysarvo			2	5	0,5	1	20	100	100	60	50	200	100	-	-	-	-	-	-	-
Alempi ohjearvo			10	50	2	10	100	200	150	200	100	250	150	-	-	-	-	-	-	-
Ylempi ohjearvo			**50**	**100**	**5**	**20**	**250**	**300**	**200**	**750**	**150**	**400**	**250**	-	-	-	-	-	-	-
Sideaine	pH ilmoitettu	pH mitattu	**mg/kg**																	
GTC[a]	11–13,5	12,9	1	4	<0,1	<0,2	11	22	26	6	19	80	35	9 200	72	210 000	8 000	280	<2	
POZ [a]	11–13,5	13,0	1	6	<0,1	<0,2	14	28	30	9	24	93	44	12 000	150	400 000	10 000	450	<2	
InfraStabi [a]	-	12,9	4	11	0,24	0,36	12	30	80	18	33	160	46	25 000	560	190 000	16 000	530	13	
Oiva [a]	11–13,5	13,0	2	11	<0,1	0,28	31	48	81	14	47	160	100	18 000	140	290 000	14 000	430	8	
SR-sementti[b]	11–13,5	-	<10	<10	<0,2	<0,4	72	90	220	11	100	67	45	15 000	150	380 000	24 000	120	<10	
CEM III A[b]	11–13,5	12,6	<10	<10	0,3	<0,4	22	40	52	<5	28	98	240	36 000	200	310 000	10 000	870	<10	
LT1[a]	-	-	5	100	1,0	6	23	120	**260**	260	86	**1 400**	160	53 000	1 500		32 000	2 500	8	
LT2[c]	-	12,6	14	35	<0,2	2		59	**230**	53	42	**510**	65	38 000	640	130 000	57 000	1200	<10	1200
LT3[c]	-	12,7	49	16	0,3	5		102	**370**	107	59	**778**	43	23 920	204	89 360	28 270	1710	12	1710
LT4[c]	-	9,8	<1	89,8	<0,2	2		64	57	25	21	82	78	29 900	322	26 650	106 200	959	10	959
LT5[c]	-	12,9	<1	9	<0,2	2		42	91	19	31	**494**	57	24 130	959	114 000	363 380	6702	<10	6702
LT6[c]	-	11,8	<1	39	0,3	1		27	42	13	59	132	33	29 110	1137	32 790	39 210	267	<10	267
LT7[c]	-	11,9	<1	45	0,5	1		34	28	14	44	107	73	25 030	1106	28 520	33 020	304	11	304
LT8[c]	-	12,9	2	2	<0,2	6		36	67	13	19	**1341**	15	46 210	280	210 800	12 930	8167	<10	8167
LT9[c]	-	12,9	3	30	0,3	10		71	116,6	178	37	**1986**	43	38 650	482	200 900	23 650	8198	11	8198
LT10[c]	-	12,9	<1	12	0,6	3		48	83	24	30	**454**	74	26 370	391	202 000	26 640	2756	<10	2756
RPT[c]	-	11,4	<1	7	1,2	<0,3		9	6	5	8	37	15	5 027	121	278 800	3 538	124	<10	124

- Sideaineiden kokonaispitoisuudet ovat pääsääntöisesti kynnysarvotasoa.
- Arseenin ylitys on tyypillistä Suomessa nk. Arseeniprovinssin alueella
- Lentotuhkissa vertailuarvot ylittyvät usein. Ylitykset koskevat seuraavia metalleja ja puolimetalleja
  - sinkki
  - kupari
  - antimoni
  - arseeni
  - kadmium
  - lyijy
  - nikkeli
- Huom. kaikkia esimerkkilentotuhkia ei ole käytetty sideainetarkoituksiin





Syvästabilointi pohjanvahvistuksena Ympäristövaikutukset

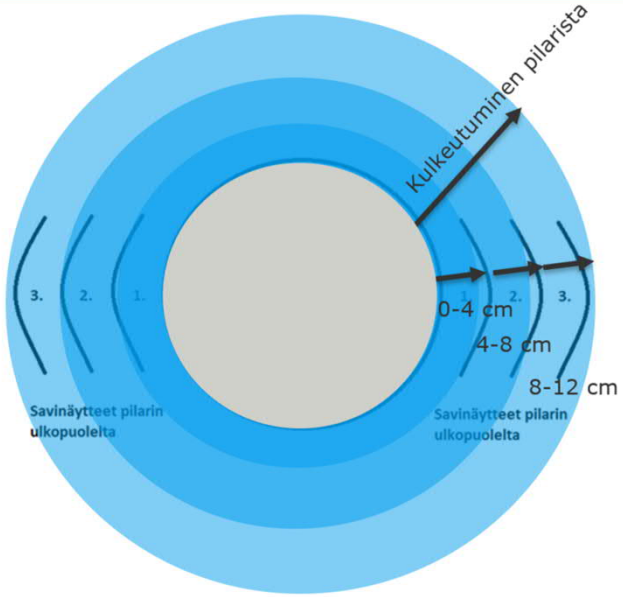
- Stabilointipilarit voidaan asemoida yksittäisiksi pilareiksi tai pilarilamelleiksi.
- Pilareiden maksimipituus on noin 24 m, yleensä paljon lyhyempiä.
- Savikerroksen alapuoliseen kantavaan kerrokseen ulottuvat pilarit läpäisevät savikerroksen ulottuen hiekka- tai moreenikerrokseen, kun taas määrämittaisten pilareiden alapäät ovat savikerroksessa ja alapäiden alle jää savea.
- Syvästabiloinnin paikallisia vaikutukset ovat pääsääntöisesti stabiloinnissa käytettyjen sideaineiden leviäminen ennakoitua laajemmalle alueelle, sekä stabiloinnin pH-tason muutoksesta johtuva maaperän raskasmetallien liukeneminen ja mahdollinen kulkeutuminen.

- Saven taustapitoisuuksissa alun perin arseenin, koboltin, nikkelin ja vanadiinin kynnysarvon ylityksiä
- Testatuissa pilareissa mitattiin vain arseenin kynnysarvon ylityksiä

Stabiloidun pilarin kokonaispitoisuudet vrs. saven kokonaispitoisuudet, Helsinki, Kuninkaantammi

			Kuiva-aine	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	pH
Sideainemäärä kaikissa tutkituissa pilareissa 120 kg/m3		*taustapit.*		0,02	1	0,005	0,03	8	31	22	5	17	31	38	
		kynnysarvopit.	-	2	5	0,5	1	20	100	100	60	50	200	100	-
		alempi ohjearvo	-	10	50	2	10	100	200	150	200	100	250	150	-
		ylempi ohjearvo	-	**50**	**100**	**5**	**20**	**250**	**300**	**200**	**750**	**150**	**400**	**250**	-
			%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	-
Sideaine	**Etäisyys pilarista (cm)**	**Näytteen oton syvyys (m)**	**Kuiva-aine**	**Sb**	**As**	**Hg**	**Cd**	**Co**	**Cr**	**Cu**	**Pb**	**Ni**	**Zn**	**V**	**pH**
Kontrolli savi 2,5 m		2,5	55,90 %	<1,0	7	<0,20	<0,30	24	90	56	9	52	111	104	8
Kontrolli savi 5,0 m		5,0	59,50 %	<1,0	6	<0,20	<0,30	19	72	40	7	36	102	79	8
TerraGreen	pilari	2,4-3,4	62,90 %	<0,50	4	<0,20	<0,40	17	84	69	16	49	143	80	11
UPM LT JAM	pilari	2,1	63,00 %	1	6	<0,20	<0,40	17	79	53	15	48	135	77	11
UPM LT KAI	pilari	1,9-2,7	59,80 %	1	4	<0,20	<0,40	18	92	64	14	47	123	93	10
TerraPOZ	pilari	2-3	61,20 %	<0,50	4	<0,20	<0,40	16	79	54	12	40	100	73	12
Ecolan stabi80	pilari	2-3	62,80 %	2	7	<0,20	<0,40	16	68	49	13	38	106	72	11
GTC	pilari	2	65,90 %	1	3	<0,20	<0,40	11	51	39	8	25	84	58	12

- Haitta-aineiden kulkeutuminen pilarin ulkopuolelle:
  - Vähäistä. Vain pieniä kohoamisia taustapitoisuudesta antimonilla, kromilla, nikkelillä ja vanadiinilla
  - Alue joitakin cm pilarin ulkopuolella



Sideainemäärä kaikissa tutkituissa pilareissa 120 kg/m3			Kuiva-aine	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	pH
		taustapit.		0,02	1	0,005	0,03	8	31	22	5	17	31	38	
		kynnysarvopit.	-	2	5	0,5	1	20	100	100	60	50	200	100	-
			%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	-
Sideaine	**Etäisyys pilarista(cm)**	**Näytteen oton syvyys (m)**	**Kuiva-aine**	**Sb**	**As**	**Hg**	**Cd**	**Co**	**Cr**	**Cu**	**Pb**	**Ni**	**Zn**	**V**	**pH**
Kontrolli savi 2,5 m		2,5	55,90 %	<1,0	7	<0,20	<0,30	24	90	56	9	52	111	104	8
Kontrolli savi 5,0 m		5,0	59,50 %	<1,0	6	<0,20	<0,30	19	72	40	7	36	102	79	8
TerraGreen	0-4	2,4-3,4	62,80 %	2	4	<0,20	<0,40	17	69	40	14	40	97	78	9
TerraGreen	0-4	2,4-3,4	65,40 %	1	5	<0.20	<0.40	18	72	46	15	42	105	84	9
TerraGreen	4-8	2,4-3,4	62,10 %	1	4	<0.20	<0.40	18	77	50	15	45	108	89	7
TerraGreen	4-8	2,4-3,4	60,20 %	<0.50	4	<0.20	<0.40	18	78	47	13	44	111	92	7
UPM LT JAM	0-4	2,1	51,30 %	<0.50	6	<0.20	<0.40	21	100	64	14	56	121	107	8
UPM LT JAM	4-8	2,1	64,30 %	<0.50	21	<0.20	0	17	64	43	14	39	94	72	8
UPM LT JAM	8-12	2,1	59,20 %	<0.50	22	<0.20	0	13	50	36	10	30	74	58	7
UPM LT KAI	0-4	1,9-2,7	55,30 %	2	3	<0.20	<0.40	22	102	62	15	58	126	101	8
UPM LT KAI	0-4	1,9-2,7	57,50 %	<0,50	6	<0,20	<0,40	21	99	61	14	55	124	95	8
UPM LT KAI	4-8	1,9-2,7	57,10 %	<0,50	5	<0,20	<0,40	22	110	76	16	63	130	96	8
UPM LT KAI	4-8	1,9-2,7	53,60 %	<0,50	5	<0,20	0	23	108	72	15	62	129	118	7
UPM LT KAI	8-12	1,9-2,7	53,30 %	2	7	<0,20	<0,40	24	108	72	17	63	132	113	7
UPM LT KAI	8-12	1,9-2,7	55,40 %	2	4	<0,20	<0,40	21	94	61	14	52	119	102	8
TerraPOZ	0-4	2-3	66,70 %	<0,50	1	<0,20	<0,40	9	37	22	6	19	54	46	8
TerraPOZ	0-4	2-3	54,20 %	1	8	<0,20	<0,40	24	105	67	15	58	128	111	8
TerraPOZ	4-8	2-3	58,10 %	<0,50	4	<0,20	<0,40	16	70	47	12	38	97	80	7
TerraPOZ	4-8	2-3	54,50 %	2	8	<0,20	1	21	91	58	15	51	118	93	8
TerraPOZ	8-12	2-3	58,40 %	<0,50	3	<0,20	<0,40	22	102	67	15	59	125	106	7
Ecolan stabi80	0-4	2-3	62,90 %	<0,50	4	<0,20	<0,40	19	72	45	17	44	109	83	9
Ecolan stabi80	0-4	2-3	60,80 %	2	5	<0,20	<0,40	17	69	47	13	40	100	78	8
Ecolan stabi80	4-8	2-3	59,80 %	<0,50	2	<0,20	<0,40	19	73	46	15	45	108	84	8
Ecolan stabi80	4-8	2-3	64,70 %	<0,50	6	<0,20	<0,40	15	63	43	13	37	92	68	8
Ecolan stabi80	8-12	2-3	60,40 %	2	6	<0,20	<0,40	18	76	47	15	45	108	88	8
Ecolan stabi80	8-12	2-3	60,40 %	<0,50	19	<0,20	<0,40	16	65	43	12	38	93	75	8
GTC	0-4	2	64,30 %	2	4	<0,20	<0,40	27	93	60	15	52	112	108	8
GTC	0-4	2	62,40 %	<0,50	4	<0,20	<0,40	26	97	65	15	54	113	113	8
GTC	4-8	2	65,40 %	<0,50	6	<0,20	<0,40	26	96	70	16	53	120	110	7
GTC	4-8	2	59,00 %	1	5	<0,20	<0,40	28	103	74	16	57	123	115	7
GTC	8-12	2	57,40 %	2	5	<0,20	<0,40	29	99	66	16	56	115	108	7
GTC	8-12	2	63,40 %	<0,50	5	<0,20	<0,40	28	98	62	15	55	121	109	8

- Saven taustapitoisuuksissa arseenin kynnysarvon ylityksiä
- Testatuissa pilareissa mitattiin vain arseenin kynnysarvon ylityksiä

Stabiloidun pilarin kokonaispitoisuudet vrs. saven kokonaispitoisuudet, Turku, Topinpuisto

Parametri	Yksikkö	Viitearvot Kynnysarvo	Topinpuiston savi 3-4 m syksy 2021	KAU LT + CEMII 2,5-3,5	Terra Green 2,75-3,25	TerraPOZ 2,75-3,25	GTC 2,75-3,25	GTC3 2,75-3,25
			Kok.pit.	Kok.pit.	Kok.pit.	Kok.pit.	Kok.pit.	Kok.pit.
Antimoni	mg/kg ka	*2*	<1,0	<1	<1	<1	<1	<1
Arseeni	mg/kg ka	*5*	*7,5*	*7,9*	*6,6*	*5,3*	*7,8*	*6,1*
Barium	mg/kg ka			208,1	139,9	111,1	161	137,8
Elohopea	mg/kg ka	*0,5*	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kadmium	mg/kg ka	*1*	<0,3	0,8	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Kromi	mg/kg ka	*100*	70,5	52,6	46,9	39,6	54,2	43,9
Kupari	mg/kg ka	*100*	37,6	33,7	26,1	21,7	28,8	20,6
Lyijy	mg/kg ka	*60*	10,5	9,1	7,4	6,4	10,3	6,2
Molybdeeni	mg/kg ka		<10	<10	<10	<10	<10	<10
Nikkeli	mg/kg ka	*50*	33,5	30,2	27,6	21,7	30,3	22,7
Sinkki	mg/kg ka	*200*	94,7	115,3	66,6	56,2	78,8	56,9
Vanadiini	mg/kg ka	*100*	70,6	61,5	61,7	51	54,9	56
Koboltti	mg/kg ka		18,2	16	15,9	12,9	17,4	13,2
PAH	mg/kg ka	*15*	<3,0	<3	<3	<3	<3	<3
Kokonais-syanidi			<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Pilaristabiloinnin liukoiset pitoisuudet, Helsinki, Kuninkaantammi

Parametri	Kaatopaikkakelpoisuuden viitearvot		Kuninkaan-tammen savi (2,5 m)	TerraGreen (2,4-3,4 m)	UPM LT JAM (2,1 m)	UPM LT KAI (1,9-2,7 m)	TerraPOZ C312 (2-3 m)	Ecolan stabi80 (2-3m)	GTC (2-3 m)
	Pysyvä jäte	Tavanomainen jäte							
	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10
Antimoni	0,06	0,7	<0,05	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]	[0.00862; 0.0132]	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]
Arseeni	0,5	2	<0,1	0,015	0,0136	0,044	[0.00800; 0.0120]	0,0303	[0.00819; 0.0123]
Barium	20	100	<4,0	0,741	0,647	0,328	1,05	0,503	0,217
Elohopea	0,01	0,2	<0,002	[0.0000800; 0.000120]	[0.0000800; 0.000120]	[0.0000800; 0.000120]	[0.0000800; 0.000120]	[0.0000800; 0.000120]	0,000161
Kadmium	0,04	1	<0,01	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]
Kromi	0,5	10	<0,1	[0.0400; 0.0600]	[0.0400; 0.0600]	0,136	[0.0400; 0.0600]	0,0729	[0.0432; 0.0635]
Kupari	2	50	<0,4	0,121	0,115	0,229	0,094	0,0843	0,137
Lyijy	0,5	10	<0,1	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]	0,0145	[0.00800; 0.0120]	0,0169
Molybdeeni	0,5	10	<0,1	0,619	0,513	0,807	0,105	2,16	0,351
Nikkeli	0,4	10	<0,1	0,05	[0.0279; 0.0402]	0,113	0,0441	[0.0268; 0.0394]	0,0958
Seleeni	0,1	0,5	<0,03	[0.0400; 0.0600]	[0.0400; 0.0600]	0,0685	[0.0400; 0.0600]	[0.0442; 0.0650]	[0.0400; 0.0600]
Sinkki	4	50	<0,8	0,477	0,0975	0,272	0,409	0,169	0,143
Vanadiini				0,101	0,148	1,03	[0.0400; 0.0600]	0,409	0,097
DOC	500	800	<100	32,3	41,8	47,5	55,9	41,7	40,6
Kloridi	800	15000	<160	64,4	34,6	37,5	18,6	60,9	19
Sulfaatti	1 000	20000	451	153	110	327	[5.58; 8.19]	418	998
Fluoridi	10	150	<2,0	5,82	5,01	10,4	2,78	4,1	4,97

- Vain molybdeenin ja fluoridin pysyvän jätteen liukoisuusarvon lieviä ylityksiä
- Stabiloidun maan pH välillä 10-12

Pilaristabiloidun maan liukoiset pitoisuudet Turku Topinpuisto

Parametri	Yksikkö	Jätteen kelpoisuuskriteerit		Topinpuiston savi 3-4 m syksy 2021	KAU LT + CEMII 2,5-3,5	Terra Green 2,75-3,25	TerraPOZ 2,75-3,25	GTC 2,75-3,25	GTC3 2,75-3,25
		Pysyvä jäte	Tavano-mainen jäte						
		Liukoisuus L/S 10	Liukoisuus L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10
Antimoni	mg/kg ka	0,06	0,7	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Arseeni	mg/kg ka	0,5	2	<0,1	0,8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Barium	mg/kg ka	20	100	<4,0	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Elohopea	mg/kg ka	0,01	0,2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Kadmium	mg/kg ka	0,04	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Kromi	mg/kg ka	0,5	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kupari	mg/kg ka	2	50	<0,4	0,6	0,8	1	<0,4	1,1
Lyijy	mg/kg ka	0,5	10	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,7
Molybdeeni	mg/kg ka	0,5	10	0,1	0,6	0,3	0,4	<0,1	0,7
Nikkeli	mg/kg ka	0,4	10	<0,1	0,3	0,5	0,3	<0,1	0,8
Seleeni	mg/kg ka	0,1	0,5	<0,03	0,04	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Sinkki	mg/kg ka	4	50	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
Vanadiini	mg/kg ka			<0,4	1,7	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Koboltti	mg/kg ka			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
		Muut ominaisuudet							
DOC	mg/kg ka	500	800	<100	<100	<100	106	<100	232
Kloridi	mg/kg ka	800	15000	612	732	514	364	168	665
Sulfaatti	mg/kg ka	1 000 (1	20000	397	1862	<200	<200	1657	3370
Fluoridi	mg/kg ka	10	150	2,2	3,5	3,4	<2	<2	<2
pH, alku (L/S 2)				7,9	10,8	12,1	12,4	11,3	11,7

- Arseenin, lyijyn, molybdeenin, nikkelin ja sulfaatin pysyvän jätteen raja-arvon lieviä ylityksiä
- Stabiloidun maan pH välillä 10,8-12,1

Massa- ja prosessistabilointi maa-ainesten jalostamisessa

- Tavoite: Koko maa-alueen tai ruoppausmassalla täytetyn altaan maa-aineksen jalostaminen kauttaaltaan rakentamiseen soveltuvaksi ja ympäristön kannalta turvalliseksi.

  1) maa-aineksen teknisiä ominaisuuksia parannetaan

  2) ympäristökelpoisuutta lisätään, erityisesti kun jalostettava materiaali sisältää haitta-aineita.
- Ruoppausmassojen ja muiden haitta-aineita sisältävien massojen kokonaispitoisuuksiin ja liukoisuuksiin vaikuttavat myös runkoaineen haitta-aineet ja yhdisteet.
- Edellyttää ympäristölupaa ja kohdekohtaista riskinarviota, jossa yhteydessä voidaan luvittaa myös uusiosideaineiden käyttö. Esimerkkinä Turun Lauttaranta.

Stabiloidut kaivumassat ja niiden hyödyntäminen

- Kohteesta riippuen määrä voi olla suuri
- Soveltuu teknisten ominaisuuksien puolesta mm. meluvalleihin, penkereisiin, maisemointitäyttöihin ja kaivantojen täyttöihin
- Hyötykäyttö ollut epäyhtenäistä ja käytänteet epäselviä
- Ohjeena voi käyttää Ympäristöministeriön muistiota 3.7.2015. Jos kriteerit eivät täyty, ympäristölupa useimmiten tarvitaan.
- Ympäristöluvan tarve voi muodostua myös alueen herkkyyden perustella - ympäristövaikutukset, naapurusto, toimintojen häiritsevyys tms.

- Ympäristöministeriö rinnastaa stabiloidut kaivumassat muistiossaan *Kaivetut maa-ainekset – jäteluonne ja käsittely* (3.7.2015) ylijäämämaihin.

- Keskeisiä arviointiperusteita todettaessa, että <u>kaivettu maa-aines ei ole jätettä</u>, ovat:
  - Maa-aineksen sisältämät haitta-ainepitoisuudet eivät aiheuta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa PITOISUUDET OVAT KYNNYSARVOTASOA TAI PITOISUUDET EIVÄT POIKKEA TAUSTAPITOISUUDESTA
  - Jatkokäyttö on varmaa ja suunnitelmallista PERUSTUU HYVÄKSYTTYIHIN SUUNNITELMIIN TAI LUPIIN
  - Maa-aines voidaan jatkokäyttää sellaisenaan ilman muuntamistoimia. KALKITSEMINEN TAI STABILOINTI EI OLE MUUNTAMISTOIMI

Raportti julkaistaan syksyn 2023 aikana

Kiitos mielenkiinnostanne!