

Syvästabilointiohje 2017, Liikennevirasto

Liikennevirasto

11 2010
LIIKENNEVIRASTON
OHJEITA

Syvästabiloinnin suunnittelu
Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet

eurokoodi

Syvästabiloinnin suunnittelu

24.8.2017 SGY,
POHJANVAHVISTUSPÄIVÄ

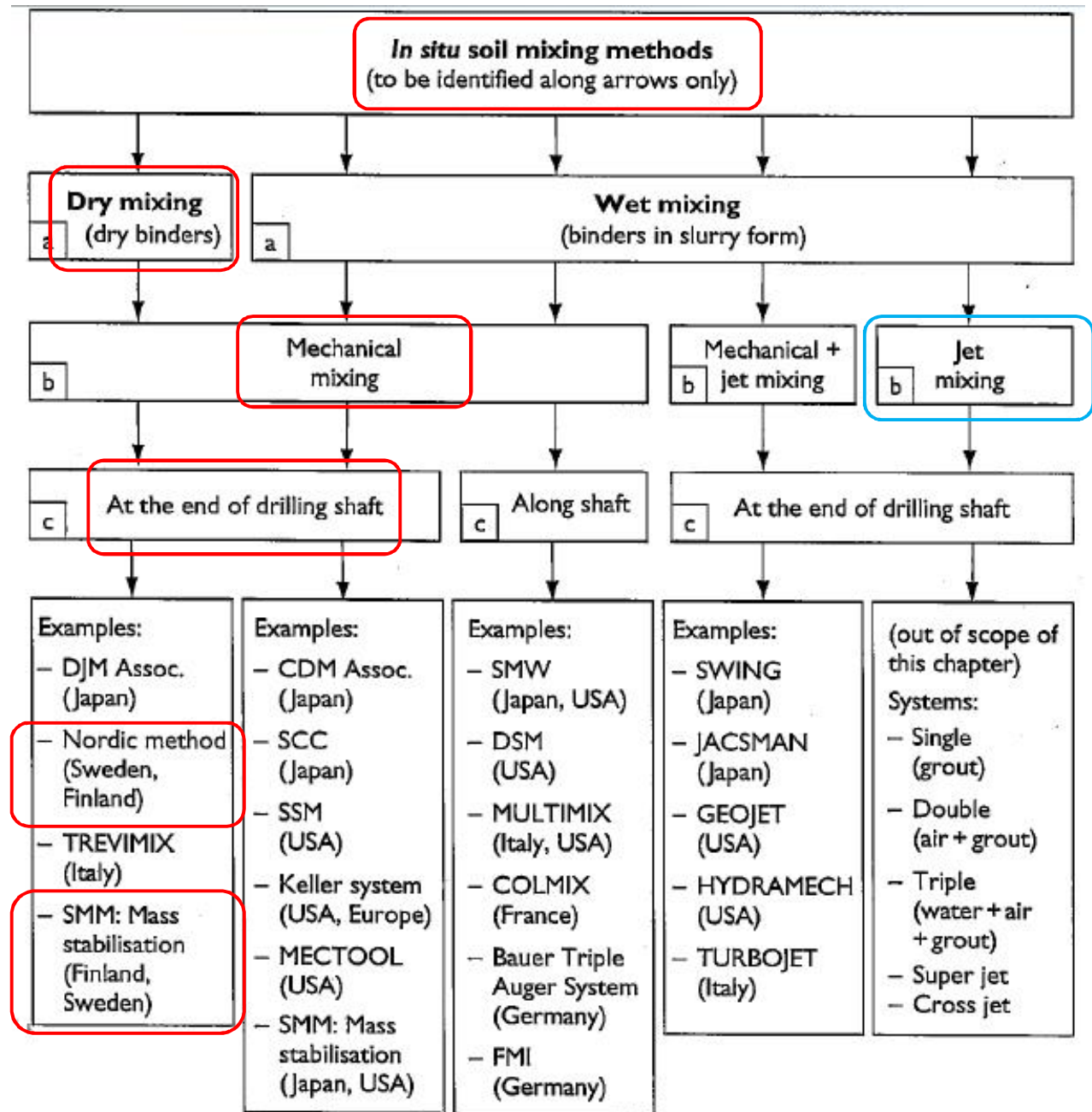
RAMBOLL

Juha Forsman
juha.forsman@ramboll.fi

Syvästabiloinnin ohjeistuksen "historia"

- Stabilization of soil with lime columns. Broms & Boman 1978
- KPO-86. Kalkkipilariohjeet. Espoon kaupunki & Viatek Oy 1986
- Syvästabiloinnin suunnittelu ja toteutus. RIL K128-1990
- STO-91, Syvästabilointiohje. RTY & RT 1991
- Syvästabiloinnin laadunvalvontaohje. Tielaitos 1992
- [Syvästabiloinnin mitoitusohje. Tielaitos 1997](#)
- Kalkkipilariohje KPO 2000. Espoo 2000
- Massastabiloitujen ylijäämäsavien käyttö maarakentamisessa. H:ki-geo 2000
- [Syvästabiloinnin suunnitteluohje. Tiehallinto 2001](#)
- TYLT, Perustamis- ja vahvistamistyöt. Tiehallinto 2000
- EuroSoilStab, Design Guide. 2002
- Pohjarakennustyöt, Syvästabilointi. SFS-EN 14679 2005
- Mass stabilisation manual. Allu 2005
- InfraRYL 2006
- [Syvästabiloinnin suunnittelu. LiVi 2010](#)
- Massastabilointikäsikirja. "Teollisuus" 2014
- *InfraRYL 2017*
- [Syvästabiloinnin suunnittelu. LiVi 2017](#)

CLASSIFICATION OF IN SITU DEEP MIXING METHODS



Livi Stabilointiohje

Livi Suihku-injektointiohje



SISÄLLYSLUETTELO (*Stabiloinnin suunnitteluohje 17/2017*)

- | | | |
|----|--|-------------------|
| 1 | JOHDANTO | PILARI- + MASSAS. |
| 2 | SYVÄSTABILOINTIMENETELMÄT | |
| 3 | SIDEAINE, LISÄAINE JA LISÄRUNKOAINE | |
| 4 | SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT JA REUNAEHDOT | |
| 5 | MITOITUSTAVAT JA KUORMITUKSET | |
| 6 | PARAMETRIT JA NIIDEN MÄÄRITTÄMINEN | |
| 7 | PILARISTABILOINNIN TOIMINTAPERIAATE | PILARIS. |
| 8 | PILARISTABILOIDUN RAKENTEEN VAKAVUUS | |
| 9 | PILARISTABILOINNIN KANTAVUUS JA PAINUMA | |
| 10 | MASSASYVÄSTABILOINNIN MITOITUS | MASSAS. |
| 11 | PUTKIJOHTOJEN JA RUMPUJEN KAIVANNOT | PILARI- + MASSAS. |
| 12 | SYVÄSTABILOINTISUUNNITELMA JA HANKINTA | |
| 13 | LAADUNVALVONTA | |
| 14 | SYVÄSTABILOINTI TÄRINÄN LEVIÄMISEN ESTÄMISESSÄ | |
| 15 | TILASTOLLISET MENETELMÄT SYVÄSTABILOINNISSA | |

PILARISTABILOINNIN SUUNNITTELUN KAAVIO

(pengertapaus, kimmoiset pilarit, "kovaan pohjaan")

Pilaristabilointi	luku
0. menetelmän soveltuvuuden arviointi	2.2, 2.3, 2.4
1. suunnittelun lähtötietojen ja reunaehtojen kokoaminen	4
2. kuormitusten määrittäminen	5.3
3. mitoitusparametrien määrittäminen	6
4. stabiloinnin minimileveyden määrittäminen (poikkileikkauksen perusteella)	7.4, 7.5
5. stabiliteettimitoitus (=> stabiloidun kerroksen keskimääräinen lujuus, josta määritetään pilarien D , k/k -väli ja $\tau_{stab,d}$ alustavasti)	8
6. pilareiden kantavuusmitoitus (=> pilarien D , k/k -väli, $\tau_{stab,d}$)	9.1
7. painumamitoitus	9.2, 9.3
8. pilarikaavion ja stabiloinnin leveyden, stabilointisyvyyden ja -lujuuden valinta -mitoittavan laskelmanperusteella (stabiliteetti, kantavuus, painuma)	7.5, 8, 9
9. sideaineen reseptointi (menettely ja ajankohta vaihtelevat tapauskohtaisesti)	3, 6.3, liite 1, liite 2
10. stabilointi- ja laadunvalvontasuunnitelman laatiminen	12.2, 12.3, 13.1

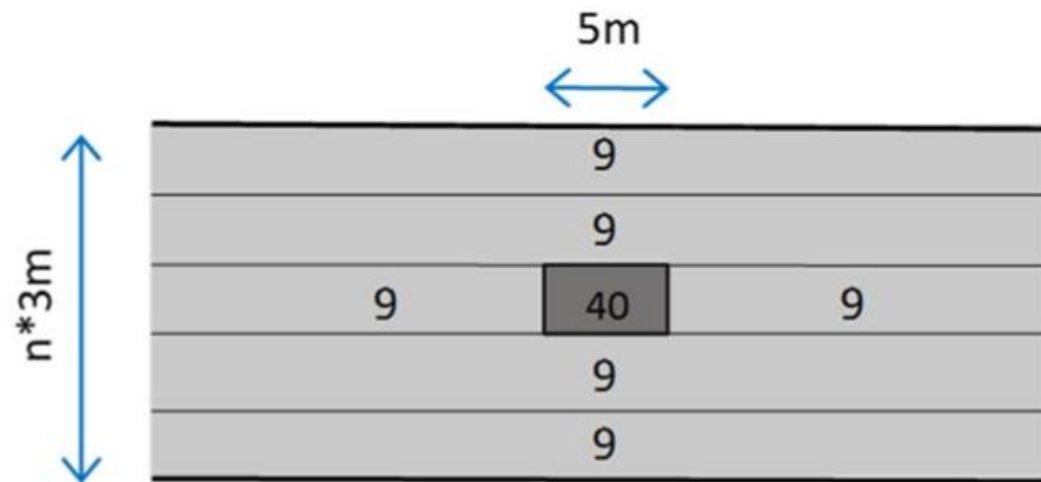
PILARISTABILOINNIN SUUNNITTELUN KAAVIO

(pengertapaus, kimmoiset pilarit, "kovaan pohjaan")

Pilaristabilointi	luku
0. menetelmän soveltuvuuden arviointi	2.2, 2.3, 2.4
1. suunnittelun lähtötietojen ja reunaehtojen kokoaminen	4
2. kuormitusten määrittäminen	5.3
3. mitoitusparametrien määrittäminen	6
4. stabiloinnin leveyden alustava arviointi	7.4, 7.5
5. stabiliteettimitoitus (=> stabiloidun kerroksen keskimääräinen lujuus, josta määritetään pilarien D , k/k -väli ja $\tau_{stab;d}$ alustavasti)	8
6. pilareiden kantavuusmitoitus (=> pilarien D , k/k -väli, $\tau_{stab;d}$)	9.1
7. painumamitoitus	9.2, 9.3
8. pilarikaavion, stabilointisyvyyden ja -lujuuden valinta mitoittavan laskelmanperusteella (stabiliteetti, kantavuus, painuma)	7.5, 8, 9
9. sideaineen reseptointi (menettely ja ajankohta vaihtelevat tapauskohtaisesti)	3, 6.3, liite 1, liite 2
10. stabilointi- ja laadunvalvontasuunnitelman laatiminen	12.2, 12.3, 13.1

KUORMITUSTEN MÄÄRITTÄMINEN

Aiemmin liikennekuorma 10 kPa stabiliteettimitoituksessa ja pilareiden kantavuusmitoituksessa. => Uusi kuorma-kaavio NCCI7:ssa => miten ottaa huomioon stabiliteettimitoituksessa ja pilareiden kantavuusmitoituksessa?

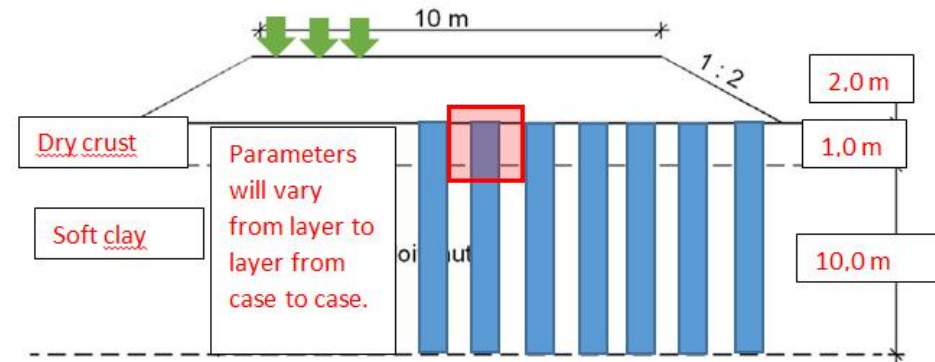


Stabiliteetti: 10 kPa => 12 kPa (norm. pengertapauksessa) => ok!

Pilareiden kantavuus: ? => seuraava sivu...

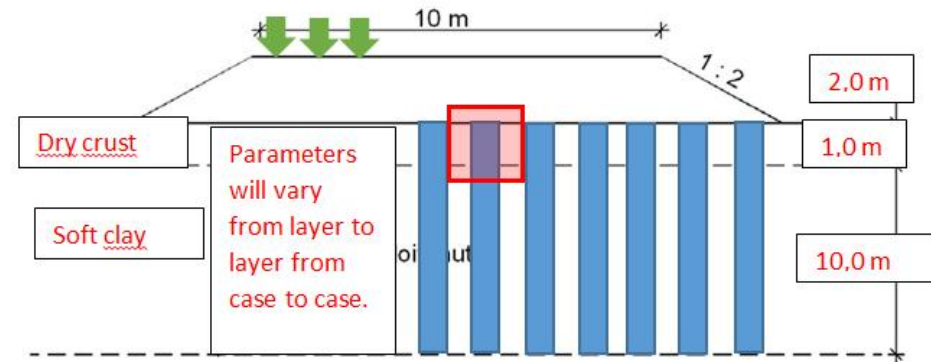
KUORMITUSTEN MÄÄRITTÄMINEN

3D FEM-mallinnus nopean liikennekuorman pilareille, maalle ja huokosveden paineelle jakautumisesta selvittämiseksi



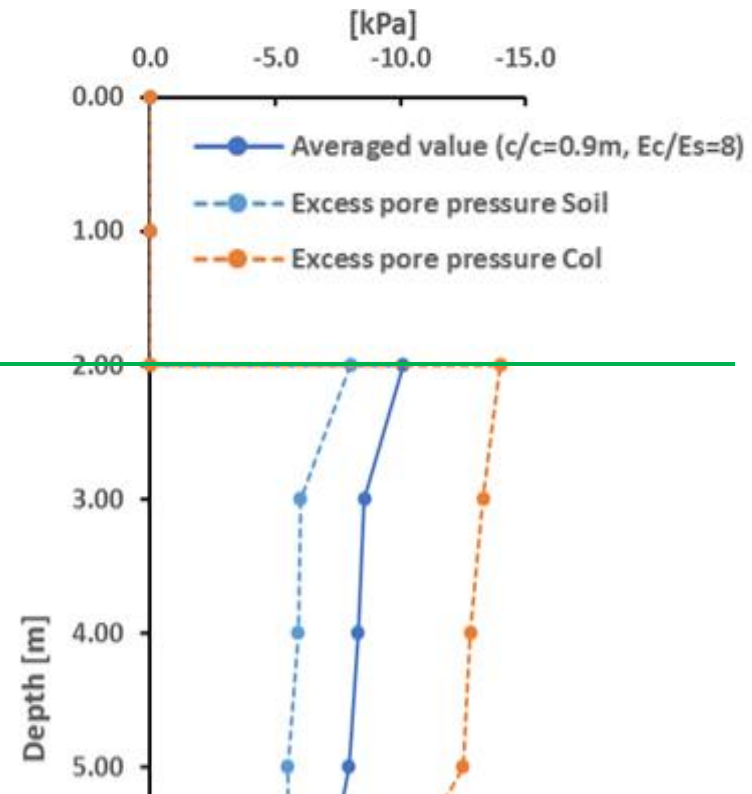
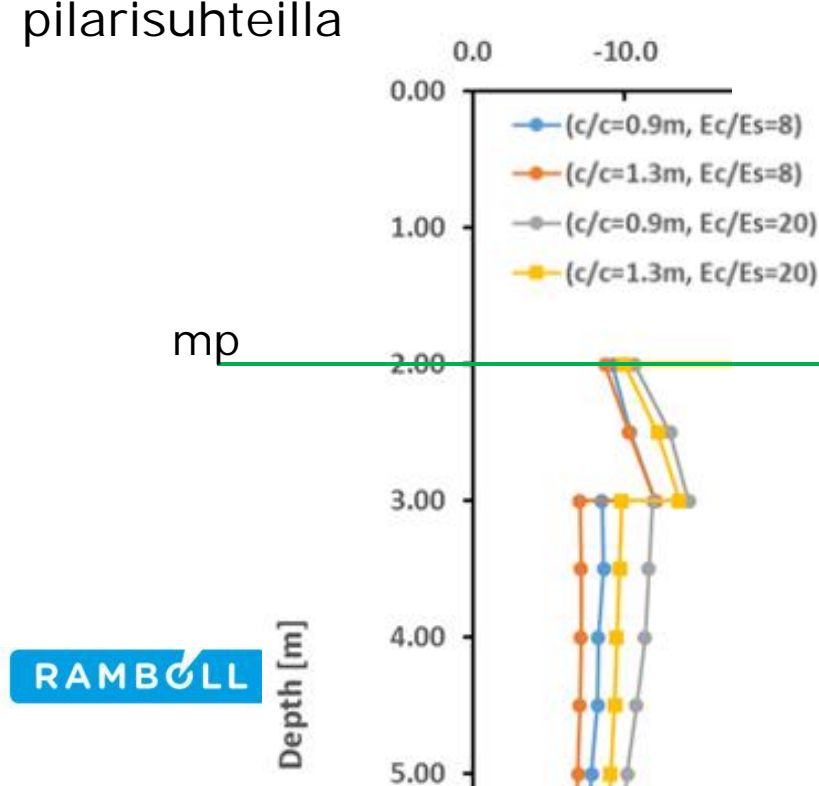
KUORMITUSTEN MÄÄRITTÄMINEN

3D FEM-mallinnus nopean liikennekuorman pilareille, maalle ja huokosveden paineelle jakautumisesta selvittämiseksi



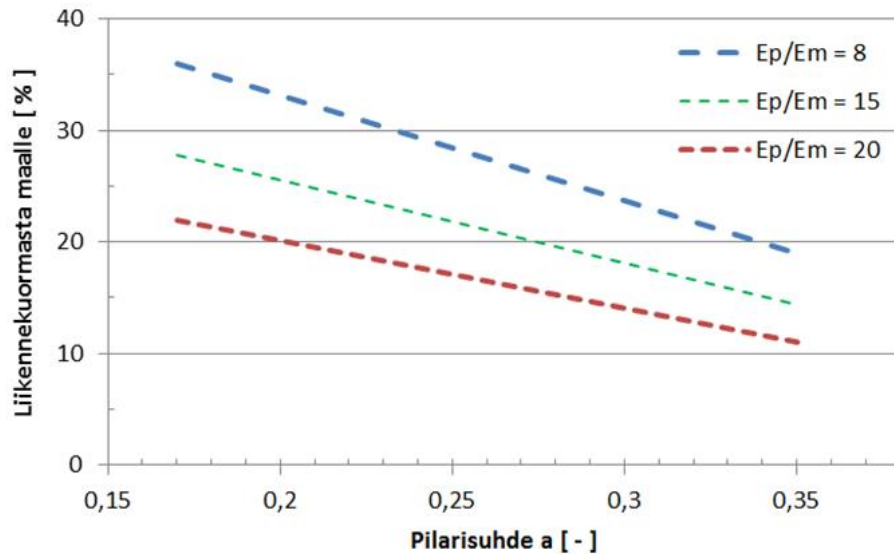
=> Tehokas keskimääräinen jännitys maassa eri E_p/E_m -suhteilla ja pilarisuhteilla

=> huokosveden ylipaine

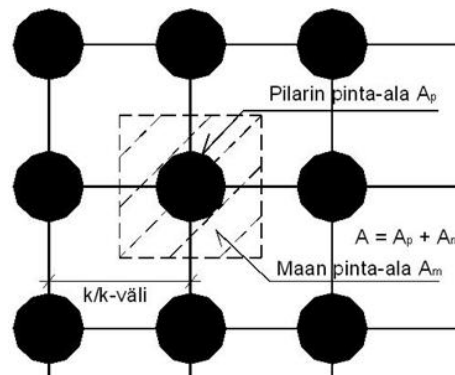


KUORMITUSTEN MÄÄRITTÄMINEN

=> Nopean liikennekuorman jakautuminen maalle ja pilareille



Kuva 9.2 Liikennekuorman (nopean) aiheuttaman tehokkaan jännityksen jakaantuminen pilareille ja pilareiden väliselle maalle erilaisilla E_p/E_m -suhteilla ja pilarisuhteilla. Kuva on laadittu 3D FEM-mallinnuksen tulosten perusteella syvyydeltä, joka on 0,5 m kuivakuoren alapinnan alapuolella (Abed et al. 2017).



3D Stress distribution modelling of deep mixing columns: Calculation report

Authors: Ayman A. Abed, Aalto University
Leena Korkiala-Tanttu, Aalto University,
Juha Forsman Ramboll

Draft 15.8.2017

PILARISTABILOINNIN SUUNNITTELUN KAAVIO

(pengertapaus, kimmoiset pilarit, "kovaan pohjaan")

Pilaristabilointi	luku
0. menetelmän soveltuvuuden arviointi	2.2, 2.3, 2.4
1. suunnittelun lähtötietojen ja reunaehtojen kokoaminen	4
2. kuormitusten määrittäminen	5.3
3. mitoitusparametrien määrittäminen	6
4. stabiloinnin leveyden alustava arviointi	7.4, 7.5
5. stabiliteettimitoitus (=> stabiloidun kerroksen keskimääräinen lujuus, josta määritetään pilarien D , k/k -väli ja $\tau_{stab;d}$ alustavasti)	8
6. pilareiden kantavuusmitoitus (=> pilarien D , k/k -väli, $\tau_{stab;d}$)	9.1
7. painumamitoitus	9.2, 9.3
8. pilarikaavion, stabilointisyvyyden ja -lujuuden valinta mitoittavan laskelmanperusteella (stabiliteetti, kantavuus, painuma)	7.5, 8, 9
9. sideaineen reseptointi (menettely ja ajankohta vaihtelevat tapauskohtaisesti)	3, 6.3, liite 1, liite 2
10. stabilointi- ja laadunvalvontasuunnitelman laatiminen	12.2, 12.3, 13.1

MITOITUSPARAMETRIEN MÄÄRITTÄMINEN

Yhtälö ominaisarvon määrittämiseksi vaihtoehtoisin tavoin määritetystä stabiloidun maan leikkauslujuudesta:

$$\tau_{stab,k} = \tau_{stab} \times k_{K/L} \times k_{ed.} \times k_{T_s/T_t} \quad (6.3a)$$

$$\tau_{stab,lab.} = \sigma_{murto, lab.} / 2 \quad (6.3b)$$

$\tau_{stab,k}$ stabiloidun maan leikkauslujuuden ominaisarvo mitoituslujittumisajan jälkeen (yleensä 28 tai 90 vrk)

τ_{stab}	$\tau_{stab,lab.}$	laboratoriossa valmistetun näytteen puristuskestävyydestä määritetty leikkauslujuus (yhtälö 6.3b)
	$\tau_{stab,koestab.}$	koestabiloinnin laadunvalvontakairaustuloksista määritetty stabiloidun maan leikkauslujuus
	$\tau_{stab,tuot.stab.}$	tuotantostabiloinnin laadunvalvontakairaustuloksista määritetty stabiloidun maan leikkauslujuus
	$\tau_{stab,emp.}$	kokemusperäisesti määritetty stabiloidun maan leikkauslujuus

$k_{K/L}$ laboratorio- / kenttälujuuskerroin

$k_{ed.}$ koetulosten edustavuuskerroin

k_{T_s/T_t} aikalujittumiskerroin (= τ_s / τ_t , jossa τ_s =leikkauslujuus suunnittelulujittumisajan jälkeen, τ_t =leikkauslujuus ennakkotutkimusten lujittumisajan jälkeen)

$\sigma_{murto, lab.}$ laboratoriossa valmistetun stabiloidun näytteen puristuskestävyys, 1-akσιαalinen

PILARISTABILOINNIN SUUNNITTELUN KAAVIO

(pengertapaus, kimmoiset pilarit, "kovaan pohjaan")

Pilaristabilointi	luku
0. menetelmän soveltuvuuden arviointi	2.2, 2.3, 2.4
1. suunnittelun lähtötietojen ja reunaehtojen kokoaminen	4
2. kuormitusten määrittäminen	5.3
3. mitoitusparametrien määrittäminen	6
4. stabiloinnin leveyden alustava arviointi	7.4, 7.5
5. stabiliteettimitoitus (=> stabiloidun kerroksen keskimääräinen lujuus, josta määritetään pilarien D , k/k -väli ja $\tau_{stab;d}$ alustavasti)	8
6. pilareiden kantavuusmitoitus (=> pilarien D , k/k -väli, $\tau_{stab;d}$)	9.1
7. painumamitoitus	9.2, 9.3
8. pilarikaavion, stabilointisyvyyden ja -lujuuden valinta mitoittavan laskelmanperusteella (stabiliteetti, kantavuus, painuma)	7.5, 8, 9
9. sideaineen reseptointi (menettely ja ajankohta vaihtelevat tapauskohtaisesti)	3, 6.3, liite 1, liite 2
10. stabilointi- ja laadunvalvontasuunnitelman laatiminen	12.2, 12.3, 13.1

STABILITEETTIMITOITUS

Syvästabiloinnin huomioiminen erilaissa mitoitustilanteissa. "+" = stabilointi voidaan hyödyntää vakavuuslaskelmassa. Liukupinnan passiivivyohykkeessä voidaan hyödyntää vain pilarilamelli ja massasyvästabilointi. ODF lasketaan kestävyden ominaisarvoilla suljetussa tilassa ilman liikennekuormaa.

Mitoitustilanne ja varmuus liukupintasortumaa vastaan ilman syvästabilointia		yksittäiset pilarit	pilarilamelli	massa- ¹ stabilointi
penger tasaisessa maastossa	ODF $\geq 0,71$	+	+	+
	ODF $< 0,71$ ²	-	+	+
meluvalli ³ tasaisessa maastossa	ODF $\geq 0,64$	+	+	+
	ODF $< 0,64$ ²	-	+	+
penkereen ja kaivantoluiskan (tai yli 1 m syvä ojan) yhdistelmä	ODF $\geq 0,86$	+	+	+
	ODF $< 0,86$ ²	-	+	+
penger kaltevassa maastossa (kaltevuus > 1:20)	ODF $\geq 0,86$	+ ⁴	+ ⁴	+ ⁴
	ODF $< 0,86$ ²	-	+ ⁴	+ ⁴
meluvalli ³ kaltevassa maastossa (kaltevuus > 1:20)	ODF $\geq 0,79$	+ ⁴	+ ⁴	+ ⁴
	ODF $< 0,79$ ²	-	+ ⁴	+ ⁴
tasaisessa maastossa määräsyvyinen stabilointi tiepenkereen tai meluvallin alla ³	ODF $\geq 0,86$ ⁵	+	+	+
olemassa oleva ratapenger, jonka stabiliteettia parannetaan radan viereisellä stabiloinnilla		-	+	+
kaivanto- tai leikkausluiska ²		-	+	+
pohjamaassa turvekerros tai heikko liejukerros		-	(+) ⁶	+

PILARISTABILOINNIN SUUNNITTELUN KAAVIO

(pengertapaus, kimmoiset pilarit, "kovaan pohjaan")

Pilaristabilointi	luku
0. menetelmän soveltuvuuden arviointi	2.2, 2.3, 2.4
1. suunnittelun lähtötietojen ja reunaehtojen kokoaminen	4
2. kuormitusten määrittäminen	5.3
3. mitoitusparametrien määrittäminen	6
4. stabiloinnin leveyden alustava arviointi	7.4, 7.5
5. stabiliteettimitoitus (=> stabiloidun kerroksen keskimääräinen lujuus, josta määritetään pilarien D , k/k -väli ja $\tau_{stab;d}$ alustavasti)	8
6. pilareiden kantavuusmitoitus (=> pilarien D , k/k -väli, $\tau_{stab;d}$)	9.1
7. painumamitoitus	9.2, 9.3
8. pilarikaavion, stabilointisyvyyden ja -lujuuden valinta mitoittavan laskelmanperusteella (stabiliteetti, kantavuus, painuma)	7.5, 8, 9
9. sideaineen reseptointi (menettely ja ajankohta vaihtelevat tapauskohtaisesti)	3, 6.3, liite 1, liite 2
10. stabilointi- ja laadunvalvontasuunnitelman laatiminen	12.2, 12.3, 13.1

SIDEAINEEN RESEPTÖINTI:

LIITE 1: Laboratorio-ohje

Stabiloituvuuskokeita tekevien laboratorioden toimintatavoissa on eroja mm. runkoaineen homogenisoinnin, tiivistystavan sekä näytteiden varastoinnin osalta

= >

Tärkeimmät lopputulokseen vaikuttavat tekijät ovat näytteen homogenisointi, tiivistäminen sekä varastointitapa ja –lämpötila

= >

Nämä (ja muut) on ohjeistettu uudessa Laboratorio-ohjeessa (Liite 1)

RAMBOLL

Tarja Niemelin, Harri Jyrävä, Marjo Koivulahti

Syvästabilointi
Laboratorio-ohje
Taustaselvitys
ESIKOPIO 17.1.2017

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä nro/201x



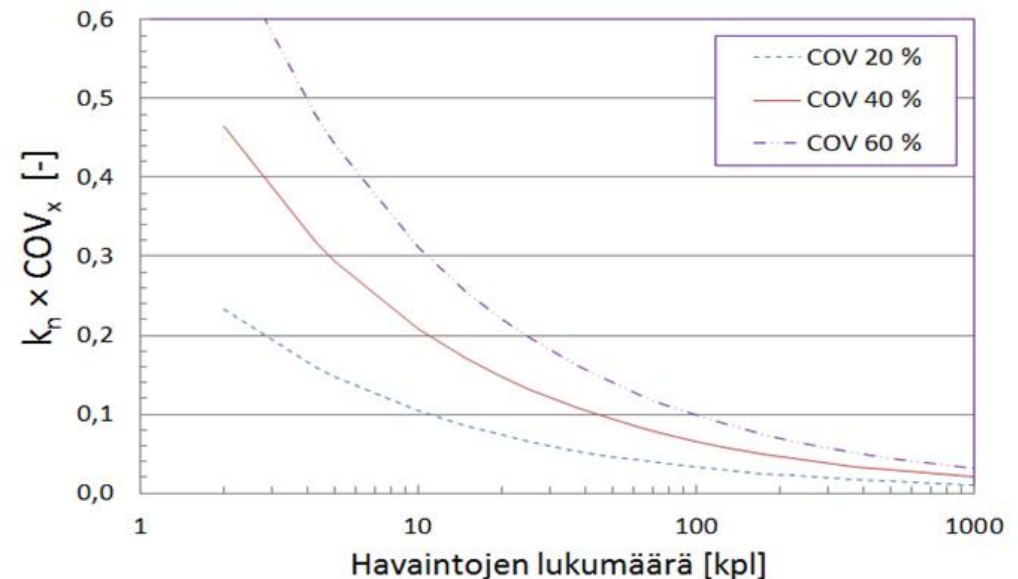
Liikennevirasto
Helsinki 201x

SIDEAINEEN RESEPTÖINTI (leikkauslujuuden määrittäminen koekentän tai tuotannon osa-alueen kairaustuloksista tilastollisilla menetelmillä)

$$X_k = \bar{x} \times (1 - k_n \times \text{COV}_x) \quad (6.5a)$$

$$\Rightarrow \tau_{\text{stab}; \text{koestab.}} = \tau_{\text{ka}; \text{koestab.}} \times (1 - k_n \times \text{COV}_x) \quad (6.5b)$$

X_k	on	materiaaliominaisuuden (maaparametrin) ominaisarvo
\bar{x}		havaintojen keskiarvo
k_n		tilastollinen kerroin (periaate esitetty julkaisussa Liikennevirasto 2016)
COV_x		variaatiokerroin, tässä kairaustulosten keskihajonnan osuus tulosten keskiarvosta (keskihajonta / keskiarvo) syvyysväleittäin määritettynä
$\tau_{\text{stab}; \text{koestab.}}$		koestabiloinnin kairaustuloksista määritetty stabiloidun maan leikkauslujuus ("Varovainen keskiarvo" tai "5% fraktiili" mitoitusapauksesta riippuen)
$k_n \times \text{COV}_x$		kairaustulosten hajonnan huomioiva tulo (ks. kuva 6.6)
$\tau_{\text{ka}; \text{koestab.}}$		koestabiloidun maan valvontakairauksien keskiarvo

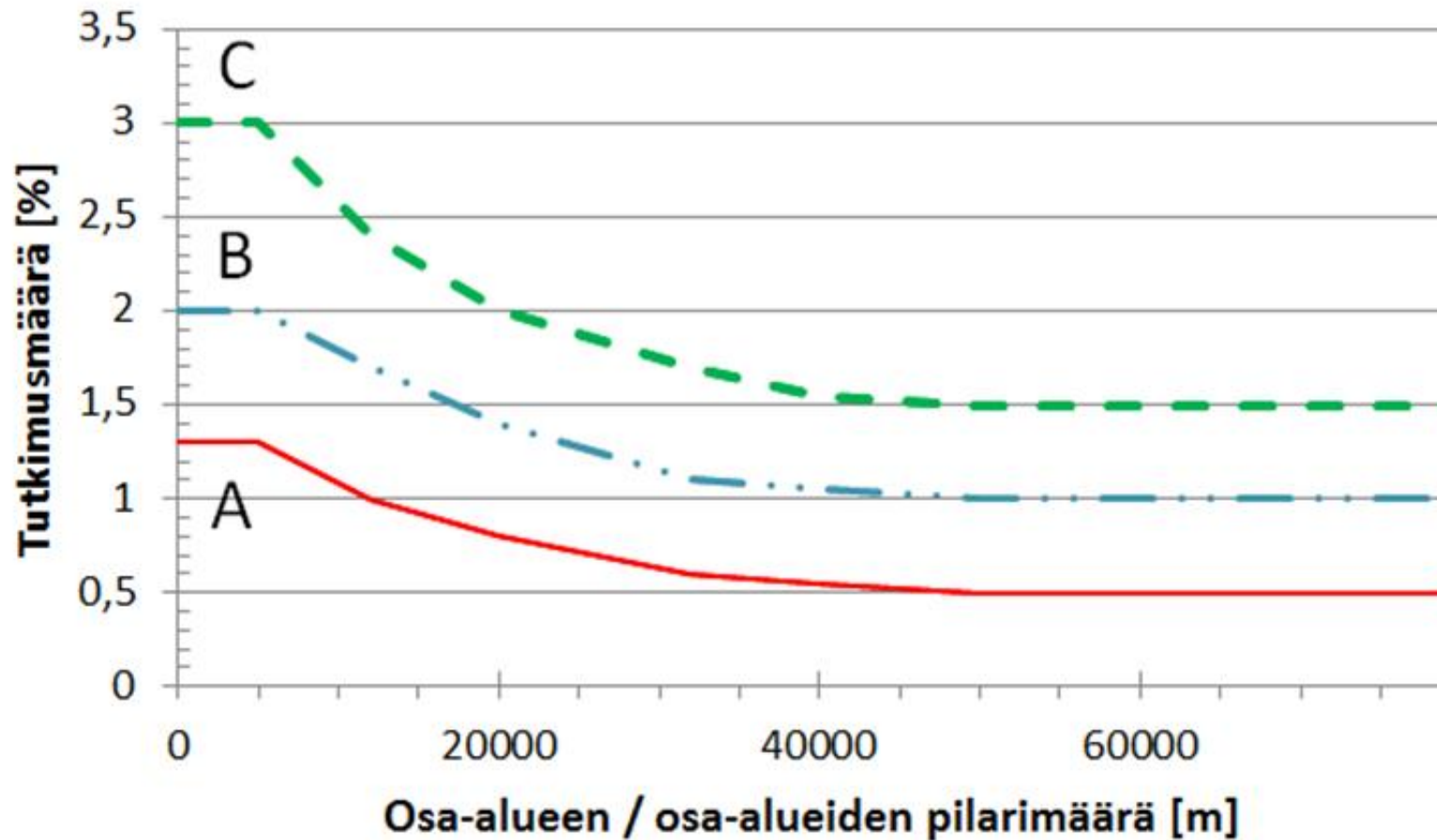


PILARISTABILOINNIN SUUNNITTELUN KAAVIO

(pengertapaus, kimmoiset pilarit, "kovaan pohjaan")

Pilaristabilointi	luku
0. menetelmän soveltuvuuden arviointi	2.2, 2.3, 2.4
1. suunnittelun lähtötietojen ja reunaehtojen kokoaminen	4
2. kuormitusten määrittäminen	5.3
3. mitoitusparametrien määrittäminen	6
4. stabiloinnin leveyden alustava arviointi	7.4, 7.5
5. stabiliteettimitoitus (=> stabiloidun kerroksen keskimääräinen lujuus, josta määritetään pilarien D , k/k -väli ja $\tau_{stab;d}$ alustavasti)	8
6. pilareiden kantavuusmitoitus (=> pilarien D , k/k -väli, $\tau_{stab;d}$)	9.1
7. painumamitoitus	9.2, 9.3
8. pilarikaavion, stabilointisyvyyden ja -lujuuden valinta mitoittavan laskelmanperusteella (stabiliteetti, kantavuus, painuma)	7.5, 8, 9
9. sideaineen reseptointi (menettely ja ajankohta vaihtelevat tapauskohtaisesti)	3, 6.3, liite 1, liite 2
10. stabilointi- ja laadunvalvontasuunnitelman laatiminen	12.2, 12.3, 13.1

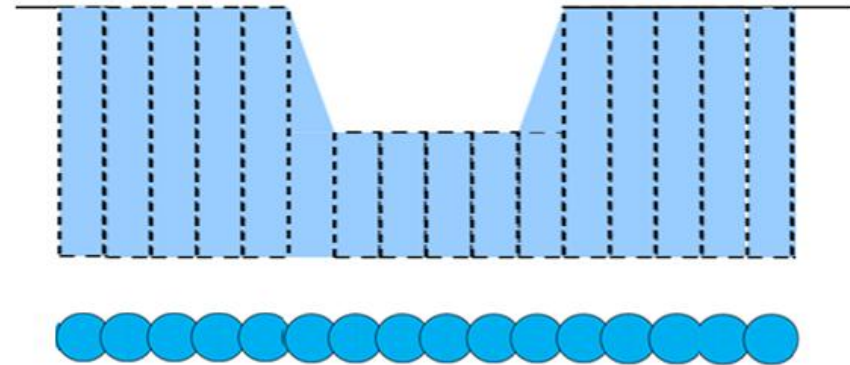
LAADUNVALVONTASUUNNITELMAN LAATIMINEN



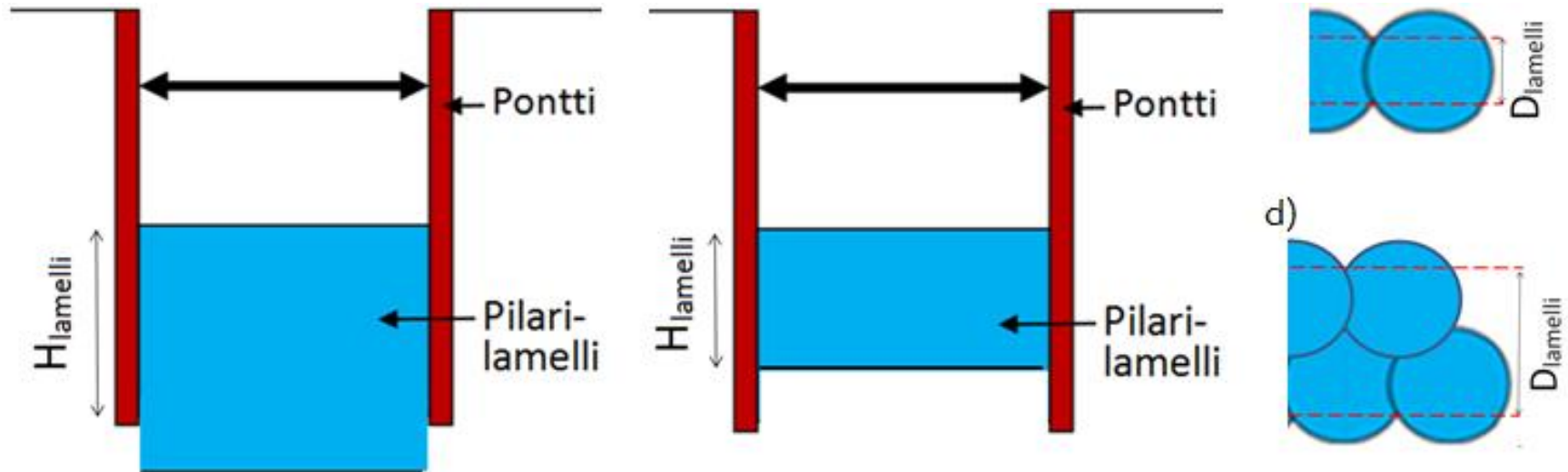
- A penkereen painumien rajoittaminen, ODF > 1,0 ilman stabilointia ja liikennekuormia
- B penkereen stabiliteetin parantaminen, kun pilarit penkereen alla
- C penkereen stabiliteetin parantaminen pilarilamelleilla penkereen sivulla, kaivannon tai leikkauslujuuden stabiliteetin parantaminen, sivukaltevan alueen stabiliteetin parantaminen pilarilamelleilla

MUUTA:
11. SYVÄSTABILOINTI JA KAIVANNOT

TUKEMATON PUTKIKAIVANTO:



TUETTU PUTKIKAIVANTO:



Syvästabilointiohje 2017, Liikennevirasto

Aikataulu:

- Teksti ja mitoituskalkelmat valmiit
09/2017
- Kommentointi 10/2017
- Viimeistely kommenttien
perusteella 11/2017 (?)
- Julkaisu 12/2017 (?)

17/2017

Syvästabiloinnin suunnittelu

KIITOS!

RAMBOLL

Valvojat ja tekijät: VM Uotila, P. Tolla,
L. Korkiala-Tanttu, M. Koivulahti, , J.
Forsman, M. Napari, J. Mansikkamäki,
yms.