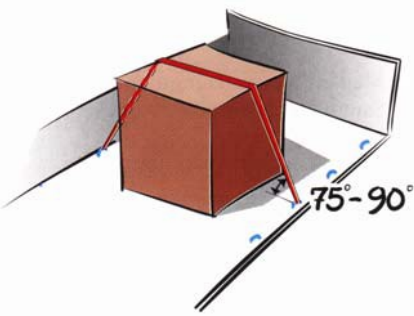
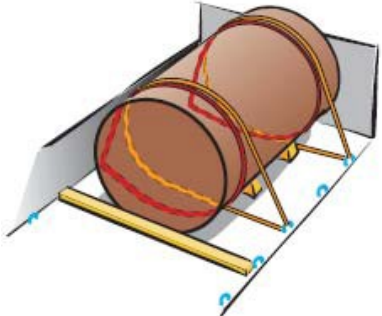
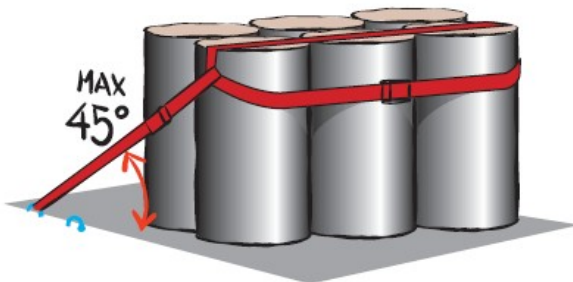
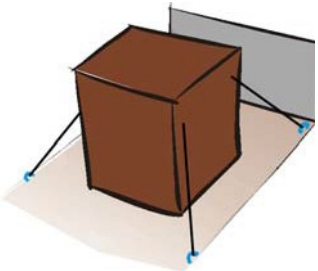


Caring kuormanvarmistuslaskurissa käytetyt yhtälöt

	
Ylitsesidonta	Silmukkasidonta
	
Valjassidonta	Suora/ristikkäissidonta

Versio 2013-08-23

Sisällys

1	YHTÄLÖIDEN MUUTTUJIA.....	3
2	YLITSESIDONTA (KITKASIDONTA)	4
2.1	EN 12195-1:2010	4
2.1.1	Liukuminen	4
	4
2.1.3	Kaatuminen	5
3	SILMUKKASIDONTA	7
3.1	EN 12195-1:2010	7
3.1.1	Liukuminen	7
3.1.2	Kaatuminen	8
4	VALJASSIDONTA	9
4.1	EN 12195-1:2010	9
4.1.1	Liukuminen	9
4.1.2	Kaatuminen	10
5	SUORA/RISTIKKÄISSIDONTA	11
5.1	EN 12195-1:2010	11
5.1.1	Liukuminen:	11
5.1.2	Kaatuminen	12

1 YHTÄLÖIDEN MUUTTUJIA

Yleiset muuttujat

$f_s =$	Kitkasideonnan kitkakerroin	-
$m =$	Kuorman massa	t (=1000 kg)
$N =$	Rivien lukumäärä	-
$n =$	Sidontavöiden lukumäärä	-

Kiihtyvyydet

$g =$	Putoamiskiihtyvyys (= 9.81 m/s ²)	m/s ²
$c_x =$	Pituussuuntainen kiihtyvyyserroin	-
$c_y =$	Poikittaissuuntainen kiihtyvyyserroin	-
$c_z =$	Pystysuuntainen kiihtyvyyserroin	-

Kitka

$\mu =$	Kitkakerroin	-
$f_\mu =$	Liikekitkakertoimen muunnoskerroin	-

Sidontavälineen ominaisuuksia

$FT =$	Sidontavälineen esikiristysvoima (= STF)	kN (= 100 daN)
$STF =$	Standardin mukainen kiristysvoima	kN (= 100 daN)
$FR =$	Sidontavälineen sidontavoima	kN (= 100 daN)
$LC =$	Sidontavälineen sidontakyky	kN (= 100 daN)

Kulmat

$\alpha =$	Pystysidontakulma	°
$\beta_x =$	Pituussuuntainen sidontakulma	°
$\beta_y =$	Poikittaissuuntainen sidontakulma	°
		°

Etäisyydet

$L =$	Kuorman kokonaispituus	m
-------	------------------------	---

$B =$	Kuormayksikön kokonaisleveys	m
$H =$	Kuormayksikön kokonaiskorkeus	m
$w =$	Kuorman leveys	m
$h =$	Sidontamomentin momenttivarren pituus	m
$b = B_{tp} =$	poikittainen etäisyys kuorman painopisteestä kaatumispisteeseen (tukevan momentin momenttivarsi)	m
$b = L_{tp} =$	Pituussuuntainen etäisyys kuorman painopisteestä kaatumispisteeseen (tukevan momentin momenttivarsi)	m
$d = H_{tp} =$	Pystysuuntainen etäisyys kuorman painopisteestä kaatumispisteeseen (kaatavan momentin momenttivarsi)	m
$l =$	Kuorman sidontapisteen ja kaatumispisteen välinen etäisyys pituussuunnassa (sidontamomentin momenttivarsi)	m
$s =$	Pystysuuntainen etäisyys alustasta pisteeseen, johon sidontaväline vaikuttaa kuormassa	m
$t =$	Pystysuuntainen etäisyys alustasta kaatopisteeseen	m
$p =$	Vaakasuuntainen etäisyys kuorman ulommasta reunasta pisteeseen, johon sidontaväline vaikuttaa kuormassa	m
$r =$	Vaakasuuntainen etäisyys kuorman ulommasta reunasta kaatumispisteeseen	m

Huom.

- Jos $m < 0$ missä tahansa yhtälössä, silloin ei ole kaatumis- eikä liukumisriskiä.
- $LC = MSL = SWL =$ sidontakyky

2 YLITSESIDONTA (KITKASIDONTA)

2.1 EN 12195-1:2010

2.1.1 Liukuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

Kaikkiin suuntiin

$$n \geq \frac{m \cdot g(c_{x,y} - c_z \cdot \mu)}{2\mu \cdot \sin \alpha \cdot F_T} \cdot f_s$$

Yhtälö (10)

arvoilla $n=1$ seuraava yhtälö laskee massan m , jonka liukumisen yksi ylitse sidottu estää kaikkiin suuntiin:

**Kaikkiin
suuntiin:**

$$m = \frac{2 * \mu * \sin \alpha * F_T}{g * (c_{x,y} - \mu * c_z) * f_s}$$

Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:

$m =$	Kuorman massa tonneina
$\mu =$	Kitkakerroin, joka on taulukoiden avainarvo
$f_s =$	Varmuuskerroin, 1.25 tiekuljetuksessa, muutoin 1.1
$F_T =$	Sidontavälineen esikiristysvoima [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
$\alpha =$	75°
$c_{x,y,z} =$	Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
$g =$	9.81 m/s ²

2.1.3 Kaatuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$\text{Eteenpäin ja taaksepäin} \quad 2 * n * F_T * \sin \alpha * \frac{L}{2} \geq m * g * (c_x * d - c_z * b) * f_s \quad \text{Yhtälö (15)}$$

$$\text{Poikittais-} \quad n \geq \frac{m * g * (c_y * d - c_z * b)}{w * F_T * (\sin \alpha + 0,25 * (N - 1))} * f_s \quad \text{Yhtälö (16)}$$

suunnassa

Eteenpäin, taaksepäin:

arvolla $n = 1$, $d = H_{tp}$, ja $b = L_{tp}$ seuraava yhtälö laskee massa m , jonka kaatumisen yksi ylitse sidottu liina estää pituussuunnassa:

$$m = \frac{F_T * \sin \alpha * L}{g * (c_x * H_{tp} - c_z * L_{tp}) * f_s}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, L_{tp} = \frac{L}{2} \text{ ja } n = 1:$$

$$m = \frac{2 * F_T * \sin \alpha}{g * (c_x * \frac{H}{L} - c_z) * f_s}$$

Poikittaissuunnassa, 1 rivi:

arvolla $n = 1$, $N = 1$, $w = B$, $d = H_{tp}$, ja $b = B_{tp}$ seuraava yhtälö laskee massan m , jonka yksi ylitse sidottu estää kaatumasta pituussuunnassa:

$$m = \frac{F_T * \sin \alpha * B}{g * (c_y * H_{tp} - c_z * B_{tp}) * f_s}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, B_{tp} = \frac{B}{2} \text{ ja } n = 1:$$

$$m = \frac{2 * F_T * \sin \alpha}{g * (c_y * \frac{H}{B} - c_z) * f_s}$$

Poikittaissuunnassa, useita rivejä, kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, B_{tp} = \frac{B}{2} \text{ ja } n = 1:$$

$$m = \frac{2 * F_T * (\sin \alpha + 0,25 * (N - 1))}{g * (c_y * N * \frac{H}{B} - c_z) * f_s} \quad \text{Yhtälö (17)}$$

Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:

$m =$	Kuorman massa tonneina
$H/L =$	Korkeuden H ja pituuden L suhde, joka on taulukoiden avainarvo <i>eteenpäin</i> ja <i>taaksepäin</i> tarkastelussa
$H/B =$	Korkeuden H ja leveyden B suhde, joka on taulukoiden avainarvo <i>poikittaissuuntaisessa</i> tarkastelussa
$F_T =$	Sidontavälineen esikiristysvoima [kN] (jos $a_h = 0.5$) tai $LC/2$ (jos $a_h = 0.6$). (Huom. 1 kN = 100 daN)
$\alpha =$	75°
$f_s =$	Varmuuskerroin; 1.25 maantiekuljetuksessa, muutoin 1.1
$c_{x,y,z} =$	Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
$N =$	Rivien lukumäärä, joka on taulukoiden avainarvo <i>poikittaissuuntaisessa</i> tarkastelussa
$g =$	9.81 m/s ²

Huom.

Kaatumisriski lasketaan arvoilla $c_y = 0.5$ ja $F_T =$ sidontavälineen esikiristysvoima. Jos on olemassa kaatumisriski, laskin käyttää alinta arvoa vaihtoehtoista $c_y = 0.5$ ja F_T tai $c_y = 0.6$ ja $LC/2$.

3 SILMUKKASIDONTA

3.1 EN 12195-1:2010

3.1.1 Liukuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$n \geq \frac{m * g * (c_y - c_z * f_\mu * \mu)}{F_R * (\cos \alpha_1 * \sin \beta_{x1} + \cos \alpha_2 * \sin \beta_{x2} + f_\mu * \mu * \sin \alpha_1 + f_\mu * \mu * \sin \alpha_2)} \quad \text{Yhtälö (30)}$$

arvoilla $F_R = LC$, $\mu_d = f_\mu * \mu$, $\alpha_2 = 0^\circ$, β_{x1} ja $\beta_{x2} = 90^\circ$ seuraava yhtälö laskee massan m , jonka yksi silmukkasidonnin vyöpari estää liukumasta poikittaissuunnassa:

Poikittaissuunta:
$$m = \frac{LC * (\mu * f_\mu * \sin \alpha_1 + 1 + \cos \alpha_1)}{(c_y - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja;

$m =$	Kuorman massa tonneina
$\mu =$	Kitkakerroin, joka on taulukoiden avainarvo
$f_\mu =$	0.75
$LC =$	Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
$\alpha_1 =$	90°
$c_{y,z} =$	Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
$g =$	9.81 m/s ²

3.1.2 Kaatuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$n \geq \frac{m * g * (c_y * d - c_z * b)}{F_R * (\sin \alpha_1 * w + \cos \alpha_1 * \sin \beta_{x1} * h + 0,25 * (N - 1) * w)} \quad \text{Yhtälö (33)}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa seuraavat arvot:

$$d = H_{tp} = \frac{H}{2}, \quad b = B_{tp} = \frac{B}{2}, \quad w = B, \quad n = 1, \quad \alpha_1 = 90^\circ \text{ ja } \beta_{x1} = 90^\circ$$

alla olevassa yhtälössä laskevat massan m , jonka kaatumisen yksi silmukkasidonta estää poikittaissuunnassa:

Poikittaissuunta:

$$m = \frac{2 * F_R * (1 + (N - 1) * 0,25)}{(c_y * N * \frac{H}{B} - c_z) * g}$$

Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja

- $m =$ Kuorman massa tonneina
- $H/B =$ Korkeuden H ja leveyden B suhde, joka on taulukoiden avainarvo poikittaissuunnassa
- $F_R =$ 0.5 * LC
- $LC =$ Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
- $c_{y,z} =$ Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
- $N =$ Rivien lukumäärä, joka on taulukoiden avainarvo poikittaissuunnassa
- $g =$ 9.81 m/s²

4 VALJASSIDONTA

4.1 EN 12195-1:2010

4.1.1 Liukuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$n \geq \frac{m * g * (c_x - c_z * f_\mu * \mu)}{F_R * (\mu * f_\mu * \sin \alpha + \cos \alpha * \cos \beta_{x,y})} \quad \text{perustuu yhtälöön (35)}$$

arvoilla $F_R = LC$, $\beta_{x,y} = 0^\circ$ ja $n = 2$ (valjassidonta kahdella haaralla) seuraavalla yhtälöllä lasketaan massa m , jonka liukumisen yksi valjassidonta estää pituussuunnassa:

Eteenpäin, taaksepäin:

$$m = \frac{2 * LC * (\mu * f_\mu * \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)}{(c_x - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:

$m =$	Kuorman massa tonneina
$\mu =$	Kitkakerroin, joka on taulukoiden avainarvo
$f_\mu =$	0.75
$LC =$	Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
$\alpha_1 =$	45°
$c_{x,z} =$	Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
$g =$	9.81 m/s ²

4.1.2 Kaatuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$n \geq \frac{m * g * (c_x * d - c_z * b)}{F_R * 2 * (\cos \alpha * \sin \beta_{x,y} * (s-t) + \sin \alpha * (p-r))} \quad \text{perustuu yhtälöön (37)}$$

arvoilla $F_R = LC$, $\beta_{x,y} = 0^\circ$, $d = H_{tp}$, $b = L_{tp}$, $(s-t) = H$ ja $(p-r) = 0$ seuraava yhtälö laskee massan m , jonka kaatumisen yksi valjassidonta estää pituussuunnassa:

Eteenpäin, taaksepäin:

$$m = \frac{2 * LC * \cos \alpha * H}{(c_x * H_{tp} - c_z * L_{tp}) * g}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa seuraavat arvot:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, L_{tp} = \frac{L}{2}:$$

$$m = \frac{4 * LC * \cos \alpha * \frac{H}{L}}{(c_x * \frac{H}{L} - c_z) * g}$$

5

Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:

$m =$	Kuorman massa tonneina
$H/L =$	Korkeuden H ja pituuden L suhde, joka on taulukoiden avainarvo <i>eteenpäin</i> ja <i>taaksepäin</i> suuntien tarkastelussa
$LC =$	Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
$\alpha =$	45°
$C_{x,z} =$	Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
$g =$	9.81 m/s ²

5 SUORA/RISTIKKÄISSIDONTA

5.1 EN 12195-1:2010

5.1.1 Liukuminen:

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

Eteenpäin,
taaksepäin:

$$n \geq \frac{m * g * (c_x - c_z * f_\mu * \mu)}{F_R * (f_\mu * \mu * \sin \alpha + \cos \alpha * \cos \beta_y)} \quad \text{perustuu yhtälöön (22)}$$

Poikittaissuunnassa:

$$n \geq \frac{m * g * (c_y - c_z * f_\mu * \mu)}{F_R * (f_\mu * \mu * \sin \alpha + \cos \alpha * \cos \beta_x)} \quad \text{perustuu yhtälöön (22)}$$

arvoilla $F_R = LC$ ja $n = 1$ seuraavat yhtälöt laskevat massan m , jonka liukumisen yksi suorasidonta estää eri suunnissa:

Eteenpäin:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y + \mu * f_\mu * \sin \alpha)}{(c_x - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

Poikittaissuunnassa:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_x + \mu * f_\mu * \sin \alpha)}{(c_y - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

Taaksepäin:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y + \mu * f_\mu * \sin \alpha)}{(c_x - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:

- $m =$ Kuorman massa tonneina
- $\mu =$ Kitkakerroin, joka on taulukoiden avainarvo
- $f_\mu =$ 0.75
- $LC =$ Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
- $\alpha =$ 60° , $\beta_x = 30^\circ$, $\beta_y = 30^\circ$
- $c_{x,y,z} =$ Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
- $g =$ 9.81 m/s^2

5.1.2 Kaatuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

Eteenpäin, taaksepäin:
$$n \geq \frac{m * g * (c_x * d - c_z * b)}{F_R * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}$$

Poikittaissuunnassa:
$$n \geq \frac{m * g * (c_y * d - c_z * b)}{F_R * 2 * (\cos \alpha * \cos \beta_x * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}$$

arvoilla $F_R = LC$, $d = H_{tp}$, $b = L_{tp}$ ja $n = 1$ seuraavat yhtälöt laskevat massan m , jonka kaatumisen yksi suora/ristikkäissidonta estää eri suunnissa:

Eteenpäin:
$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}{c_x * H_{tp} - c_z * L_{tp}}$$

Poikittaissuunnassa:
$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_x * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}{c_y * H_{tp} - c_z * B_{tp}}$$

Taaksepäin:
$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}{c_x * H_{tp} - c_z * L_{tp}}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa ja tilanteessa, jossa sidontapiste on asetettu epäsuotuisaan asentoon:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}; L_{tp} = \frac{L}{2}; B_{tp} = \frac{B}{2}; (s-t) = \frac{H}{2} + \frac{B}{2} \text{ tai } h = \frac{H}{2} + \frac{L}{2}; (p-r) = 0$$

Eteenpäin:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (\frac{H}{L} + 1))}{(c_x * \frac{H}{L} - c_z) * g}$$

Poikittaissuunnassa:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_x * (\frac{H}{B} + 1))}{(c_y * \frac{H}{B} - c_z) * g}$$

Taaksepäin:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (\frac{H}{L} + 1))}{(c_x * \frac{H}{L} - c_z) * g}$$

Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:

$m =$	Kuorman massa tonneina
$H/L =$	Korkeuden H ja pituuden L suhde, joka on taulukoiden avainarvo eteenpäin ja taaksepäin suunnissa.
$H/B =$	Korkeuden H and leveyden B suhde, joka on taulukoiden avainarvo poikittaissuunnassa.
$LC =$	Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
$\alpha =$	30°
$\beta_x =$	30°
$\beta_y =$	30°
$c_{x,y,z} =$	Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
$g =$	9.81 m/s ²