

Meripakkausohje ja kontin lastaussuunnitteluohjeistus

Liite 1 Kuormanvarmistuksen laskenta ja esimerkit

Meripakkausohje ja kontin lastaussuunnitteluohjeistus -opas on ohjeellinen ja vapaasti käytettävissä lähde mainiten (CC BY-NC-ND 4.0). Oppaan ja sen liitteiden sisällön muuttaminen ja muuntelu ilman lupaa on kielletty. Oppaan tiedot ovat yleisluonteisia, eikä niiden ole tarkoitus käsitellä tietyn yksilön tai yhteisön tilannetta. Oppaan tekijät eivät ole vastuussa mistään sisällöstä, johon tässä oppaassa on viitattu tai jota tähän oppaaseen on linkitetty.



31.8.2023

MeriDiLogis-hanke on Euroopan aluekehitysrahaston osarahoitteinen Turun yliopiston koordinoima kehittämishanke 1.11.2020–31.8.2023 (Hankekoodi: A76534).



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

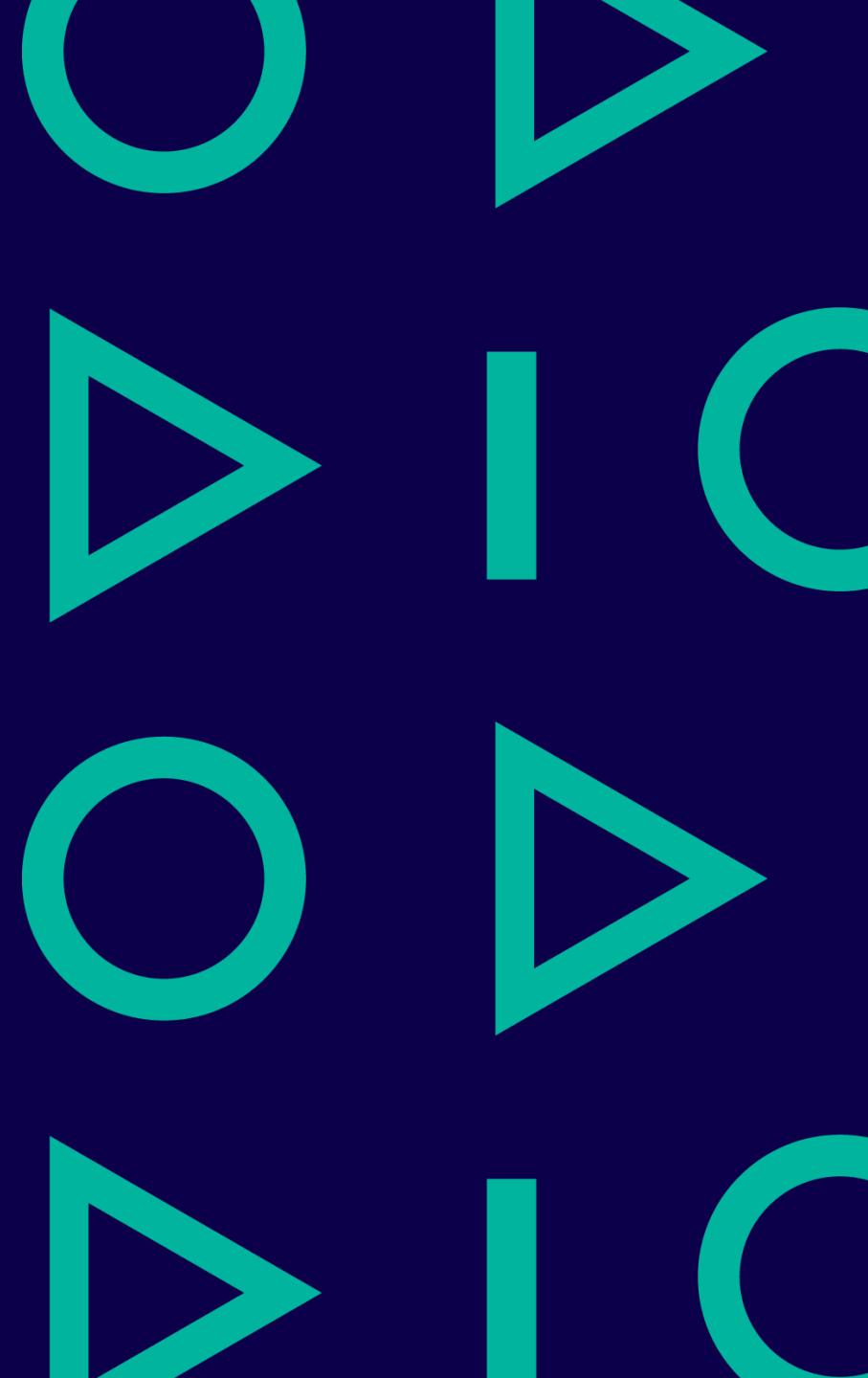
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Liite 1

Kuormanvarmistuksen laskenta ja esimerkit

2022



Sisältö

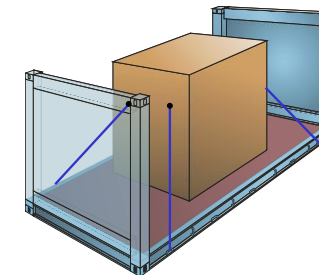
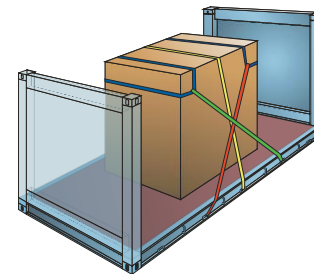
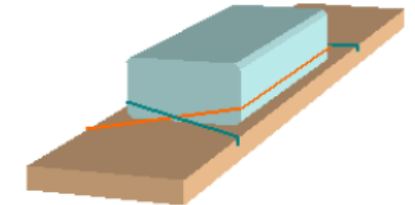
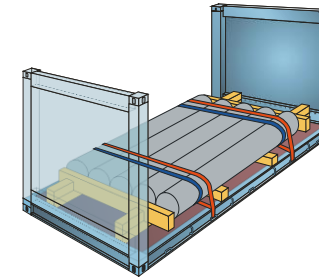
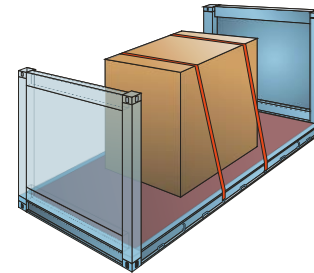
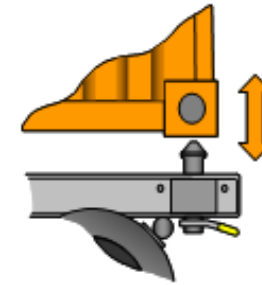
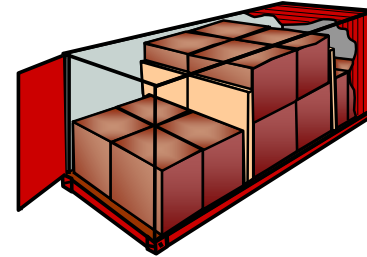
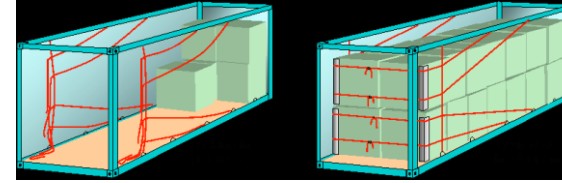
- Menetelmät
- Laskenta
- Esimerkit 1-3

Menetelmät

Menetelmät

Rahdinkuljetusyksikön varmistusmenetelmät ovat:

- Tukeminen
- Lukitseminen
- Ylitseidonta
- Silmukkasidonta (vertikaalinen & horisontaalinen)
- Valjassidonta
- Suora/Ristikkäissäidonta



Laskenta

Laskennan perusteet

- Lähtökohtana vaatimuksen täyttäminen
 - Tuennalla
 - Sidonnalla
 - Kitkalla
- Tulee ottaa huomioon
 - Liukuminen
 - Kaatuminen

$$C_{xy} * m * g < F_t + F_{\mu} + F_s$$

C_{xy} : Vaatimuserroin

m : Massa

g : Gravitaatiokiihtyvyys $9,81 \text{ m/s}^2$

F_t : Tuentavoima

F_{μ} : Kitkavoima

F_s : Sidonnan tuoma varmistusvoima

Tuennan laskeminen

- Jos tuenta saadaan isolle pinta-alalle tai kulmatolppiin, on tuentakyky kontissa:
 - Hyötykuorma * 0,4/0,6 (päädyt/sivut)
 - Esim. 30 t maksimimassa ja 2,5 tonnin omamassa.
 - Seiniin voi tukea: $0,6 * (30 - 2,5) = 16,5$ t
 - Päätyihin voi tukea: $0,4 * (30 - 2,5) = 11$ t



CTU-koodi: tuenta puutavaralla

- Esim. kuinka paljon yksi poikittain asetettu 10 cm x 10 cm vahvuinen ja 2 m pitkä puu tukee
- $F = 1 * \frac{10^2 * 10}{28 * 2} = 17,9 \text{ kN}$
- Pituussunnassa 1 kN/cm²

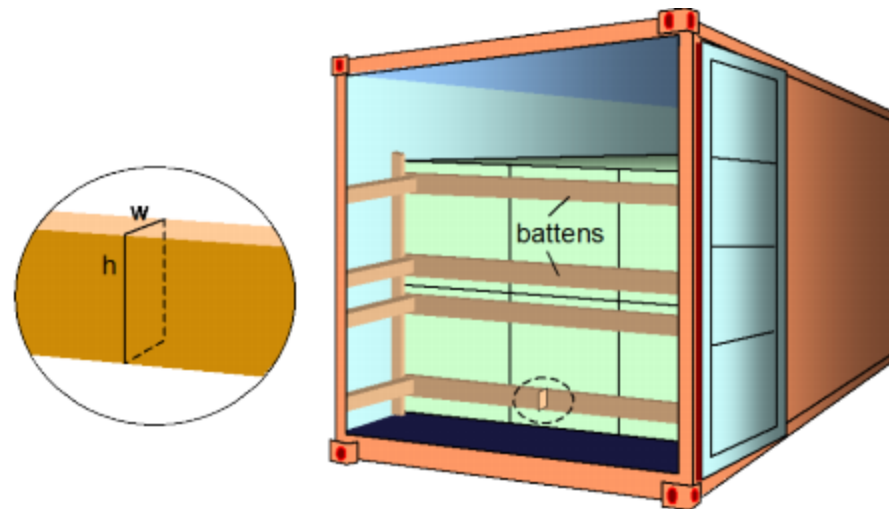
$$F = n \cdot \frac{w^2 \cdot h}{28 \cdot L} \text{ [kN]}$$

n = number of battens

w = thickness of battens [cm]

h = height of battens [cm]

L = free length of battens [m]



Tuennan laskeminen

Tuennan voi rakentaa myös puutavaralla kontin seinän aaltoon

- MariTermin (2012) tutkimuksesta:
 - 10 cm x 10 cm x 242 cm kokoinen puu kesti (ilman varmuuskertoimia)
 - Lattiatasossa: 3400 daN
 - 60 cm korkeudella: 900 daN
 - 1100 cm korkeudella: 750 daN

Sidonnat

Sidonnan ja kitkan varmistusvoima voidaan laskea tai katsoa arvo taulukosta

- Laskenta EN 12195-1:2010 standardin mukaan
 - EN 12195-1:2010 standardiin liittyvistä laskennoista on hyvää materiaalia sivustolla:
<https://blogit.utu.fi/cargosecuring/>
- Taulukot CTU-koodista tai Cargo Calculator-tilin taulukosta

Top-over lashing

Sliding

Cargo weight in ton prevented from sliding by each top-over lashing.

μ	Sideways	Forward	Rearwards
0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,08	0,04	0,08
0,10	0,18	0,09	0,18
0,15	0,31	0,15	0,31
0,20	0,48	0,21	0,48
0,25	0,72	0,29	0,72
0,30	1,1	0,38	1,1
0,35	1,7	0,49	1,7
0,40	2,9	0,63	2,9
0,45	6,4	0,81	6,4
0,50	no slide	1,1	no slide
0,55	no slide	1,4	no slide

EN 12195-1:2010

Onko riskiä kaatumisesta?

- Jos on, käytetään maantiekuljetuksissa C_y 0,6 kerrointa
- Muissa kuljetusmuodoissa taulukon mukaan

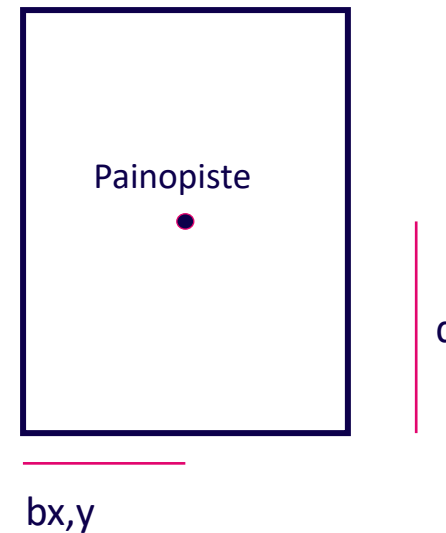
$b_{x,y}$: reunan etäisyys painopisteestä

$c_{x,y,z}$: kerroin

d : painopisteen korkeus

CTU-koodi: Vaikka ei ole vaaraa kaatumisesta, 1 ylisidonta / 4 tonnia kuormaa

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$



EN 12195-1:2010

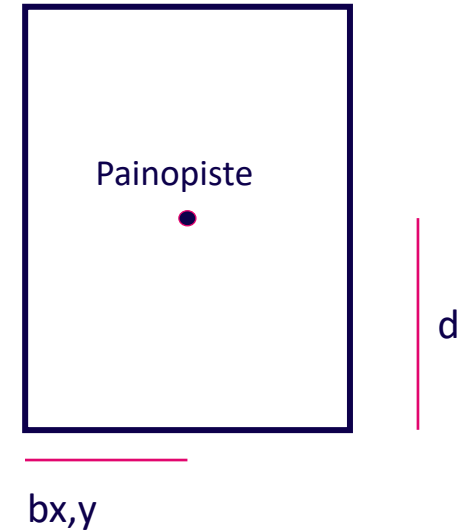
Onko riskiä kaatumisesta? Esimerkki

- Merikuljetus A-alue
- Kappale
 - 2,5 m pitkä
 - 0,9 m leveä
 - 2,0 m korkea

Pituussuunta: $1,25 > 0,3/0,5 * 1 = 0,6 \rightarrow$ ei riskiä

Sivuttain: $0,45 > 0,5/1 * 1 = 0,5 \rightarrow$ riski

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$



Merialue	Eteenpäin	Taaksepäin	Sivuttain
A: Itä- ja välimeri	0.3g (a)	0.3g (a)	0.5g
B: Pohjanmeri	0.3g (b)	0.3g (b)	0.7g
C: Rajoittamaton	0.4g (c)	0.4g (c)	0.8g

Cz-arvo vaihtelee merialueittain:
(a) $1,0 \pm 0,5g$

EN 12195-1:2010

Ylitseidonta (kitkasidonta) liukumista vastaan

- C_x, C_y, C_z : Kiihtyvyysskerroimet
- μ : kitkakerroin
- m : massa (t)
- g : 9,81 m/s²
- alfa-kulma: Sidontaliinan ja kuormatilan välinen kulma
- F_t : Kiristysvoima (Stf) (kN)
- F_s : Varmuuskerroin:
 - Eteenpäin 1,25, maantiekuljetukset
 - Muulloin 1,1



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

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

EN 12195-1:2010

Ylitsesidonta kaatumista vastaan

- H: Korkeus
- L: Pituus (Cx suunta) tai leveys (Cy suunta)
- Ft: Kiristysvoima (Stf) (kN)
- N: Kuinka monessa rivissä kappaleita on
- Jos on riski kaatumisesta, käytetään maantiekuljetuksissa arvoa $C_y = 0,6$ ja $F_t = LC/2$



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

$$m = \frac{2 \cdot F_T \cdot (\sin \alpha + 0.25 \cdot (N - 1))}{g \left(c_y \cdot N \cdot \frac{H}{B} - c_z \right) \cdot f_s}$$

EN 12195-1:2010

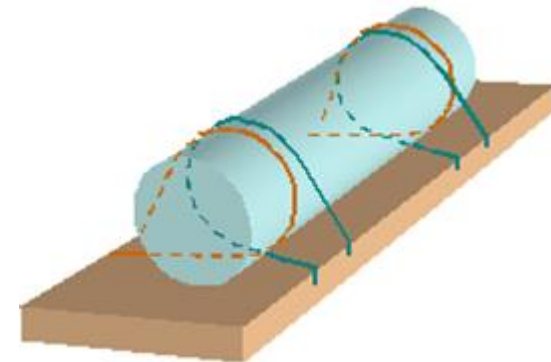
Silmukkasidonta liukumista vastaan

LC: LC-arvo sidontavälineestä (kN)

F_{μ} : 0,75

Alfa: kuormatilan pohjan & sidontavälineen välinen kulma

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



EN 12195-1:2010

Silmukkasidonta kaatumista vastaan

Fr: LC-arvo sidontavälineestä / 2 (kN)

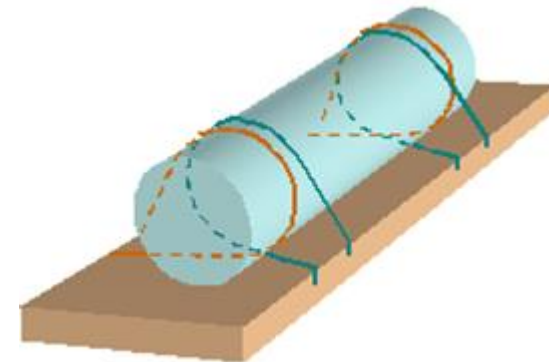
F_μ: 0,75

H: Yhden kappaleen korkeus

B: Yhden kappaleen leveys

N: Kuinka monessa rivissä kappaleita on

$$m = \frac{2 \cdot F_R \cdot (1 + (N - 1) \cdot 0.25)}{(c_y \cdot N \cdot \frac{H}{B} - c_z) \cdot g}$$



EN 12195-1:2010

Valjassidonta liukumista vastaan

LC: Sidontavälineen LC-arvo (kN)

Alfa: Kuormatilan pohjan ja
sidontavälineen välinen kulma

f_{μ} : 0,75

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

EN 12195-1:2010

Valjassidonta kaatumista vastaan

LC: Sidontavälineen LC-arvo (kN)

Alfa: Kuormatilan pohjan ja sidontavälineen välinen kulma

$f\mu$: 0,75

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

EN 12195-1:2010

Suora/ristikkäissidonta liukumista vastaan

Alfa: Vertikaalinen kulma

Beta: Horisontaalinen kulma

LC: Sidontavälineen LC-arvo

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

Eteen/taaksepäin

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

Sivuttain

EN 12195-1:2010

Suora/ristikkäissidonta kaatumista vastaan

Alfa: Vertikaalinen kulma

Beta: Horisontaalinen kulma

LC: Sidontavälineen LC-arvo

H: Korkeus L: Pituus B: Leveys

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

Eteen/taaksepäin

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

Sivuttain

Kitka

Kitka voidaan arvioida listalta
materiaalipareista tai se voidaan määrittää
mittaamalla

- Listalta CTU-koodi tai EN-standardi
 - Listalta puuttuville korkeintaan 0,3
- Mittaamalla
 - Kallistuskoe
 - Vetokoe

EN 12195-1:2010 laskuri

Laskuri luo lähtöarvojen perusteella taulukot eri sidontamenetelmille

- Esim. Kuorman massa 3 000 kg. Kitka 0,4. Kuljetus merialueella C. Kuinka monta ylisidontaa tarvitaan liukumisen estämiseksi?
- Yksi liina pitää eteen/taaksepäin 0,9 t ja sivuttain 0,72 t.
 - $3 \text{ t} / 0,72 \text{ t/kpl} = 4,2 \Rightarrow 5 \text{ kpl}$

Lashing Calculator

Transport route

- Road
- Rail
- Sea A
- Sea B
- Sea C

Lashing equipment

LC daN
STF daN

Lashing point

LC daN

Lashing type

Top-over lashing

Sliding

Cargo weight in ton prevented from sliding by each top-over lashing.

μ	Sideways	Forward	Rearwards
0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,05	0,09	0,09
0,10	0,10	0,19	0,19
0,15	0,17	0,29	0,29
0,20	0,24	0,40	0,40
0,25	0,33	0,51	0,51
0,30	0,43	0,63	0,63
0,35	0,56	0,76	0,76
0,40	0,72	0,90	0,90
0,45	0,92	1,0	1,0
0,50	1,2	1,2	1,2
0,55	1,6	1,4	1,4
0,60	2,1	1,5	1,5
0,65	3,1	1,7	1,7
0,70	5,0	1,9	1,9
0,75	11	2,1	2,1
0,80	no slide	2,4	2,4

CTU-koodin taulukot

Quick Lashing Guide

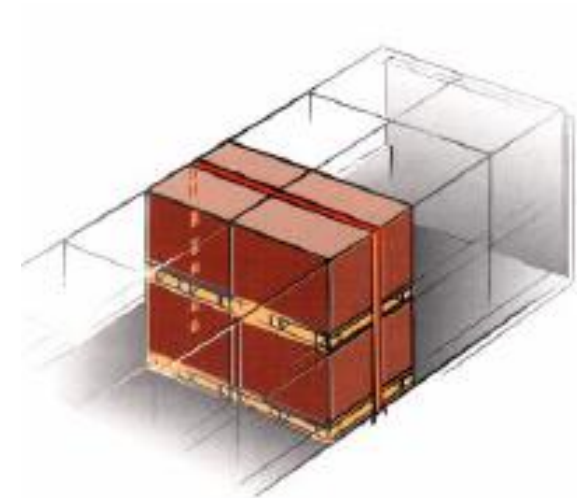
1. Määritä kuinka monta sidontavälinettä tarvitaan liukumisen estämiseen
2. Kaatumisen estämiseen
3. Korkeampi tulos on käytettävä lukumäärä

Cargo mass in tonnes prevented from sliding <i>per top-over lashing</i>			
μ	SIDEWAYS	FORWARD	BACKWARD
0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.08	0.05	0.08
0.10	0.18	0.10	0.18
0.15	0.30	0.16	0.30
0.20	0.47	0.24	0.47
0.25	0.71	0.32	0.71
0.30	1.1	0.43	1.1
0.35	1.7	0.55	1.7
0.40	2.8	0.71	2.8
0.45	6.4	0.91	4.3
0.50	no slide	1.2	7.1
0.55	no slide	1.6	16
0.60	no slide	2.1	no slide
0.65	no slide	3.1	no slide
0.70	no slide	5.0	no slide

CTU-koodin taulukot

Quick Lashing Guide

- Jos kuorma on kahdessa kerroksessa, määritä sidontojen määrä
 1. Koko massalla alimman kerroksen & kuormatilan pohjan välisellä kitkalla liukumisen estämiseen
 2. Ylemmän kerroksen massalla & kerrosten välisellä kitkalla liukumisen estämiseen
 3. Kuorman mitoilla kaatumisen estämiseksi



Esimerkit 1-3

Esimerkki 1: flätti

- Kuljetusyksikkö: 20 jalkainen flätti päädyillä
- Kuorma: 4,5 m pitkä tukeva puulaatikko. Korkeus 2,2 m ja leveys 2,5 m. Massa 20 t.
- Pintojen välinen kitka $\mu = 0,3$ (höylätty puu vs puu)
- Sidontapisteet 5000 daN.
- Ketju LC: 6300 daN, Stf: 1500 daN. Vaijeri LC: 6300 daN, Stf: 1000 daN. Kertasidontaliina: LC: 3750 daN, Stf: 500 daN
- Laskennat
 - Merialueella C
 - Maantiekuljetus + merialue A

Esimerkki 1: Merialue C

Kuorman varmistus x (pituus)-suunnassa

Liukuminen

- Vaatimus kuorman varmistukselle: $0,4 * m = 0,4 * 20\ 000\ \text{kg} = 8\ 000\ \text{kg}$
- Päätyjen tuentakyky: $(30\ 480\ \text{kg} - 2400\ \text{kg}) * 0,4 = 11\ 200\ \text{kg}$
- Kitkavoima: $\mu * m * C_z = 0,3 * 20\ 000\ \text{kg} * 0,2 = 1\ 200\ \text{kg}$
- $F_\mu + F_b = 1\ 200 + 11\ 200 = 12\ 400\ \text{kg} > \text{vaatimus } 8\ 000\ \text{kg}$

Kaatuminen

- $2,25 > (0,4/0,2)*1,1 \Rightarrow 2,25 > 2,2$

Ei vaaraa kaatumisesta

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$



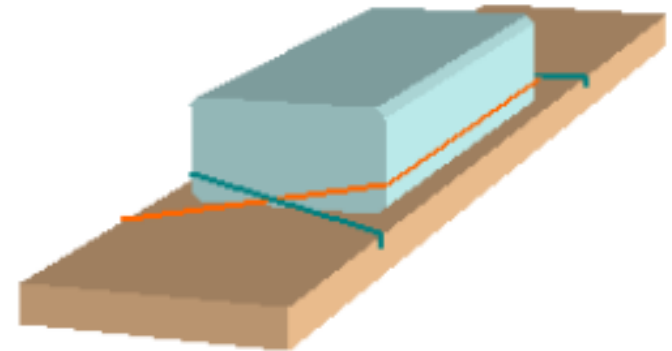
Kuvalähde: Valmet Technologies Oy

Esimerkki 1: Merialue C

Kuorman varmistus y (sivuttais)-suunnassa

Liukuminen

- Ketjulla horisontaalinen silmukka laatikon alaosan ympäri. Pitää varmistaa, ettei ketju pääse tippumaan
 - 10 asteen kulmalla yksi ketju estää 13,8 t liukumasta -> Ei vielä riitä
 - Toinen silmukka avuksi seuraavista sidontapisteistä:
 $2 * 13,8 \text{ t} = 27,6 \text{ t} > 20 \text{ t}$
- Suorasidonta ristiin päädyistä (jos mahdollista)
 - Estää sivuttain 3,9 t / ketju -> estää 7,8 t
- Silmukka + risti: $13,8 \text{ t} + 7,8 = 21,6 \text{ t} > 20 \text{ t}$

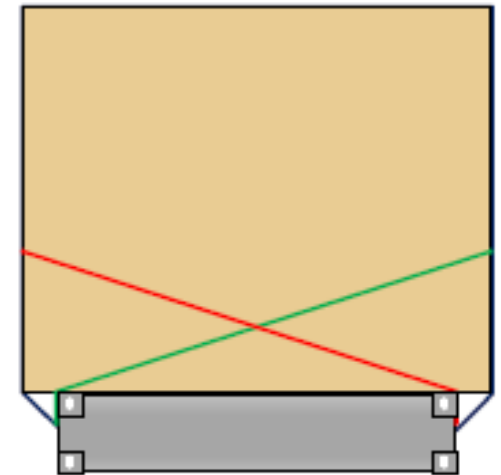


Esimerkki 1: Merialue C

Kuorman varmistus y (sivuttais)-suunnassa

Liukuminen

- Jos suorasideonta ei ole mahdollinen, ylisidonta vaijerilla
 - Esikiristysvoima 1000 daN
 - Yksi vaijeri estää 1,1 t liukumasta $\rightarrow (20 \text{ t} - 13,8 \text{ t}) / 1,1 = 5,6 = 6 \text{ kpl}$
 - Onko sidontapisteitä?
- Kitkan lisääminen kitkamatolla: $\mu = 0,6$
 - Kertasidontaliina estää 2,7 t $\rightarrow (20 \text{ t} - 13,8 \text{ t}) / 2,7 \text{ t} = 2,3 = 3 \text{ kpl}$
 - Varmistuttava kitkamaton paineen kestosta



Esimerkki 1: Merialue C

Kuorman varmistus y (sivuttais)-suunnassa

Kaatuminen

- Yhtälön tulos: $1,20 > (0,8/1) * 1,1 \Rightarrow 1,20 > 0,88$
 - Ei kaatumisriskiä
- Lasketaan H/B-suhde: $2,2 \text{ m} / 2,4 \text{ m} = 0,92$
- Taulukko ei anna arvoa, koska ei ole vaaraa kaatumisesta

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$

Yhteenveto

- Eteenpäin: Tuenta + kitka riittää (+sidonta)
- Sivuttain: Silmukkasidonta x 2 TAI silmukka + suorasideonta TAI silmukka + ylisidonta (+kitkamatto)

Esimerkki 1: Meri A + maantie

- Erona edelliseen
 - Voima pituussuuntaan 0,8 g (0,4 g)
 - Voima sivuttain 0,5 g (0,8 g)
 - Pystysuuntaan 0,5 g (0,2 g)

Kuormanvarmistus x (pituus)-suuntaan

Liukuminen

- Tuentakyky 11 200 kg
- Vaatimus: $0,8 * 20\ 000\ \text{kg} = 16\ 000\ \text{kg}$
- Tuenta ei riitä!

Esimerkki 1: Meri A + maantie

Kuormanvarmistus x (pituus) -suuntaan

Tuenta: 11 200 kg

Liukuminen

- Kitkavoima: $0,3 * 20\ 000\ \text{kg} * 1$ (maantieliikenteessä) = 6 000 kg
 - Kitkan kanssa tuenta riittää
 - $F_{\mu} + F_b > 16\ 000\ \text{kg} \Rightarrow 17\ 200\ \text{kg} > 16\ 000\ \text{kg}$
 - MUTTA: Laki edellyttää sidontaa, jotta kitkan voi hyödyntää

Kaatuminen

- Maantiellä: $2,25 > (0,8/1)*1,1 \Rightarrow 2,25 > 0,88$
- Meri A: $2,25 > (0,3/0,5)*1,1 \Rightarrow 2,25 > 0,66$
- Sivuttain voimat ovat pienemmät kuin Meri C-alueella.

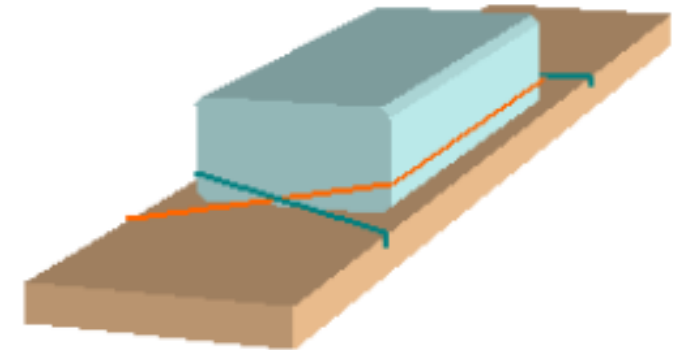
$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$

Esimerkki 1: Meri A + maantie

Kuormanvarmistus y (sivuttais)-suuntaan

Liukuminen

- Silmukkasidonta ketjulla matalassa kulmassa estää 37,9 t
 - Varmistettava, ettei ketju pääse tippumaan
- Silmukkasidonta sidontaliinalla (1600 daN) estää 11 t
- Ylisidonta vaijerilla estää 2,7 t / vaijeri
 - $20 \text{ t} / 2,7 \text{ t} = 7,4 \text{ kpl} = 8 \text{ kpl}$
- Ylisidonta kertasidontaliinalla estää 1,3 t / sidos
 - $20 \text{ t} / 1,3 \text{ t} = 15,4 \text{ kpl} = 16 \text{ kpl}$
- Suorasidonta ristiin: 8,2 t / ketju. 2 ketjua = 16,4 t
 - Loput ylisidonnalla => $(20 - 16,4) / 1,3 = 3 \text{ kpl}$



Esimerkki 1: Meri A + maantie

Yhteenveto

- Eteenpäin & taaksepäin: Tuenta ja kita (+sidonta)
 - Myös Suomen lain vaatimus täyttyy sidonnan kanssa
 - Tuenta + kitka + suorasideonta = OK
 - Tuenta + kitka + 3 kpl ylisidonta = OK
- Sivuttain: Silmukkasidonta tai suorasideonta + ylisidonta

Esimerkki 2: Kontissa 2 tuotetta

- Kontissa 2 kpl raskaita metallisia tuotteita
 - Massa 11 t / kpl
 - P,L,K: 2 m x 1,5 m x 2,5 m
- Kontin hyötykuorma: $30\,480\text{ kg} - 2\,300\text{ kg} = 28\,180\text{ kg}$
- Kitkakerroin mitattuna kallistustestillä: Puu vs metalli 0,3
- Ankkuripisteet LC: 1 000 daN
- Kuljetus merialueella C

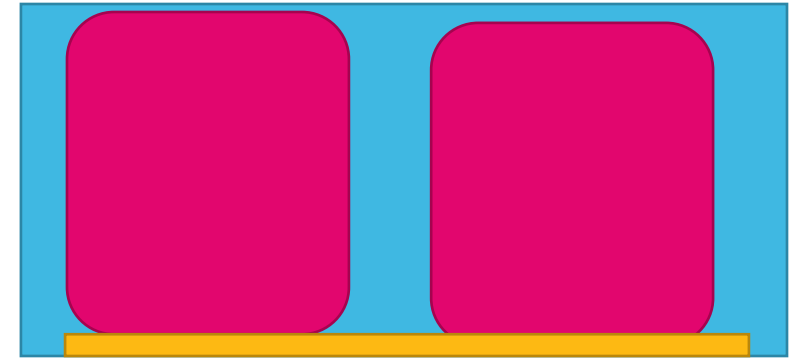


Esimerkki 2: Kontissa 2 tuotetta

Kuorman varmistus x (pituus)-suunnassa

Liukuminen

- Pistemäinen rasitus pitää estää -> aluspuut
 - $4,5 \text{ t/m} \Rightarrow 22 \text{ t} / 4,5 \text{ t/m} = \text{noin } 5 \text{ m}$
- Kappaleiden väliin 1 m tuenta, jolloin päätyihin jää 0,5 m
- Tuennalla kulmatolppiin/kontin päätyihin saadaan pituussuuntaan tuentavoima: $0,4 * 28\,180 \text{ kg} = 11\,270 \text{ kg}$
- Vaatimus $0,4 * 22\,000 \text{ kg} = 8\,800 \text{ kg}$
 - => Hyvin rakennettu tuenta riittää



Esimerkki 2: Kontissa 2 tuotetta

Kuorman varmistus x (pituus)-suunnassa

Kaatumisen estäminen

- $1 > (0,4/0,2) \cdot 1,25 \Rightarrow 1 > 2,5$ Kaatuminen pitää estää
- Tuennan rakentaminen korkeammalle tai sidonta
 - Yksi sidontaliina ylisidottuna (Stf 400) estää 2 t kaatumasta \Rightarrow 6 sidontaliinaa / kappale
 - Valjas: 12 t (kulmalla 45 astetta) 1 kpl kumpaankin suuntaan / tuote

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$

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

H/L	Forward	Rearwards
0,6	18	18
0,8	6,0	6,0
1,0	3,6	3,6
1,2	2,6	2,6
1,4	2,0	2,0
1,6	1,6	1,6
1,8	1,4	1,4
2,0	1,2	1,2
2,2	1,1	1,1

Esimerkki 2: Kontissa 2 tuotetta

Kuorman varmistus y (sivuttais)-suunnassa

Liukuminen

- Vaatimus $0,8 * 22\ 000\ \text{kg} = 17\ 600\ \text{kg}$
- Tuenta kyljen alapalkkiin + kylkeä vasten puutavaralla
- Tuentakyky $0,6 * 28\ 180\ \text{kg} = 16\ 900\ \text{kg}$
 - Ei saa aiheutua pistemäistä kuormaa
- Kitkavoima: $0,3 * 22\ 000\ \text{kg} = 6\ 600\ \text{kg}$
- Kitka + tuenta: $16\ 900\ \text{kg} + 6\ 600\ \text{kg} = 23\ 500\ \text{kg}$



Esimerkki 2: Kontissa 2 tuotetta

Kuorman varmistus y (sivuttais)-suunnassa

Kaatuminen

- $0,75 > (0,8/1) \cdot 1,25 \Rightarrow 0,75 > 1$
 - Kaatuminen pitää estää
- Tuennalla alhaalta ja esim. 1 m korkeudelta riittää kaatumisen estämiseksi
- Voima kaatumisen estämiseksi kuorman tiedoilla = 43 kN

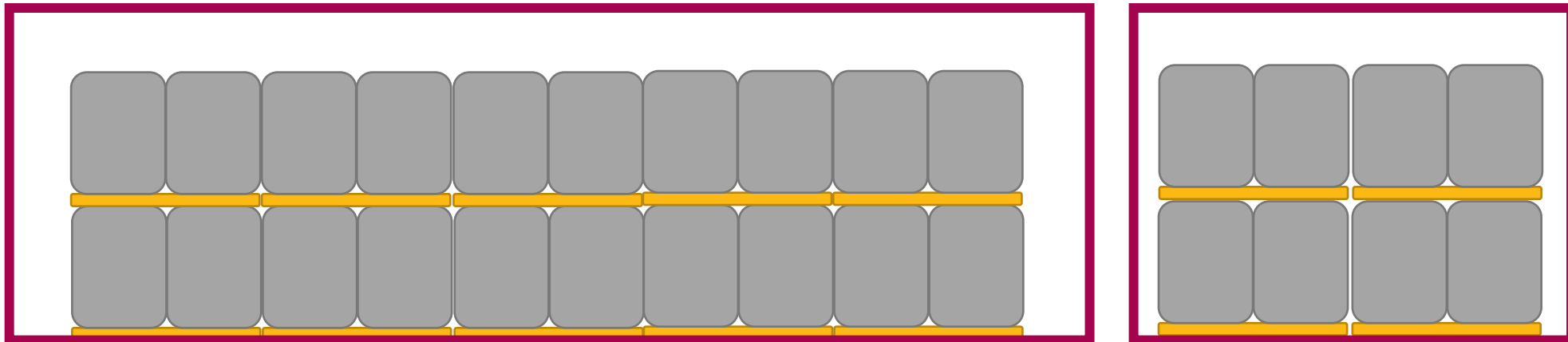
$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$

Tipping:

$$F_{\text{CARGO}} = m \cdot g \cdot (c_{x,y} - b_p/h_p \cdot c_z) \text{ [kN]}$$

Esimerkki 3: Lavat kontissa

- Kontissa 20 lavaa kahdessa rivissä ja kahdessa kerroksessa
- Lavan massa 800 kg. Tuotteina tynnyreitä. Yhteispaino 16 000 kg. Lavan koko (P,L,K) 1 m x 1 m x 1 m
- Kitkakertoimet: lava vs kontti: 0,45. Tynnyri vs lava 0,3.
- Kuljetus merialueella C



Esimerkki 3: Lavat kontissa

Varmistaminen x (pituus)-suunnassa

Liukuminen

- Tuenta poikkipuilla 2 x / kerros. Poikkipuu 10 cm x 10 cm ja 2,2 m pitkä.
 - 4 kpl = 64,9 kN (6 600 kg)
- Vaatimus: 0,4 * 16 000 kg = 6 400 kg
- Tuenta riittää, kitka tuo varmuuskerrointa

$$F = n \cdot \frac{w^2 \cdot h}{28 \cdot L} \text{ [kN]}$$

n = number of battens

w = thickness of battens [cm]

h = height of battens [cm]

L = free length of battens [m]

Esimerkki 3: Lavat kontissa

Varmistaminen x (pituus)-suunnassa

Kaatuminen

- Onko vaaraa kaatumisesta?
- Painopiste n. puolivälissä = 1,1 m
- Tarkastellaan yhtä pinoa: $b = 0,6$; $d = 1,1$
 - $0,6 > 2,2$ kaatuminen on estettävä
- Tuenta estää myös kaatumisen

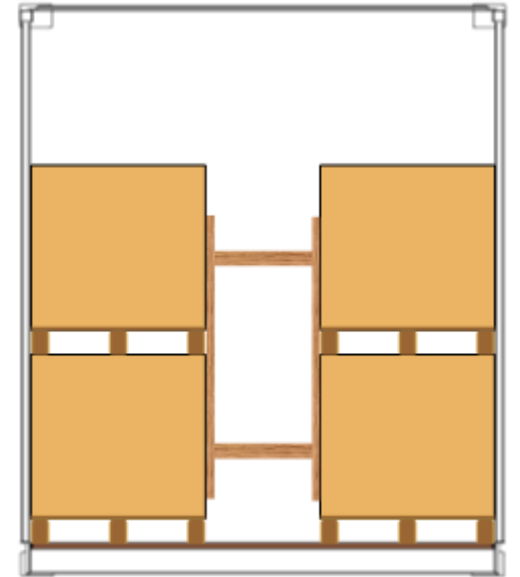
$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$

Esimerkki 3: Lavat kontissa

Varmistaminen y (sivuttais)-suunnassa

Liukuminen

- Jos tuenta pystytään rakentamaan
 - Tuentakyky: $0,6 * 28\ 180\ \text{kg} = 16\ 900\ \text{kg}$
 - Vaatimus: $0,8 * 16\ \text{t} = 12,8\ \text{t}$
- Tuenta riittää liukumisen estämiseksi. Kitka tuo varmuuskerrointa.
- Ahtaussäkkien käyttö:
 - Yksi rivi = $4 * 800\ \text{kg} = 3,2\ \text{t}$
 - Väli seinän ja lavojen välissä n. 20 cm
 - -> 85 X 185 kokoinen riittäisi, kunhan paine jakautuu tasaisesti



		Maximum load			
Size in cm		60 x 110	85 x 185	100 x 120	100 x 185
Load in tons in a gap of:	10 cm	6.0	16.0	12.0	19.5
	20 cm	2.5	10.0	7.0	12.5
	45 cm			1.0	2.5
Max. gap in cm:		25	37	45	45

Esimerkki 3: Lavat kontissa

Varmistaminen y (sivuttais)-suunnassa

Liukuminen

- Sidonnan käyttö?
 - Ylisidonta: 0,43 t / sidontaliina ($\mu = 0,3$)
 - Horisontaalinen silmukka: 2,2 t / sidontaliina ($\mu = 0,3$)
 - Horisontaalinen silmukka: 2000 daN sidontapisteellä: 4,4 t / sidontaliina

Esimerkki 3: Lavat kontissa

Varmistaminen y (poikittais)-suunnassa

Kaatuminen

- $0,6 > (0,8/1) \cdot 1,1 \Rightarrow 0,6 > 0,88$ Kaatuminen on estettävä
- Yhden rivin kallistumisen aiheuttama kuorma esim. ahtaussäkkiin: 9,4 kN

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$

Tipping:

$$F_{\text{CARGO}} = m \cdot g \cdot (c_{x,y} - b_p/h_p \cdot c_z) \text{ [kN]}$$

jamk | Jyväskylän ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences