Puusillat

Vaativien puurakenteiden suunnittelu -koulutus 2018

Moduuli 5

Tero Lahtela

PUUINFO

Kuvat: Puuinfo

- Pituus: 158 m
- Suurin jänneväli: 45 m
- Rakentamisvuosi: 2005
- Tieliikenne (panssarivaunut)

Kuvat: Puuinfo

- Pituus: 196 m
- Suurin jänneväli: 70 m
- Rakentamisvuosi: 2003
- Tieliikenne

Kuva: Puuinfo

- Pituus: 148 m
- Suurin jänneväli: 70 m
- Rakentamisvuosi: 2012
- Tieliikenne

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuvat: Puuinfo

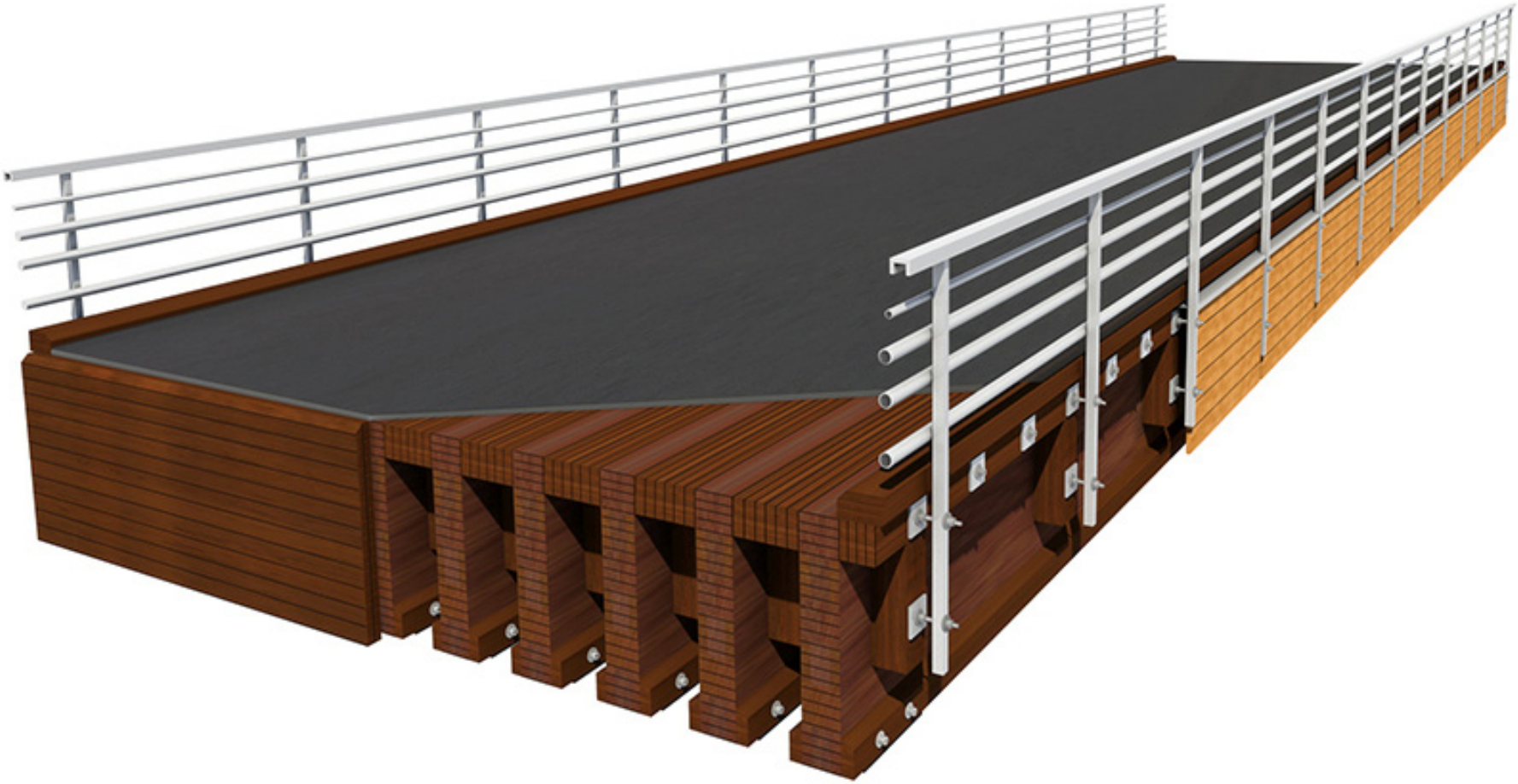
Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

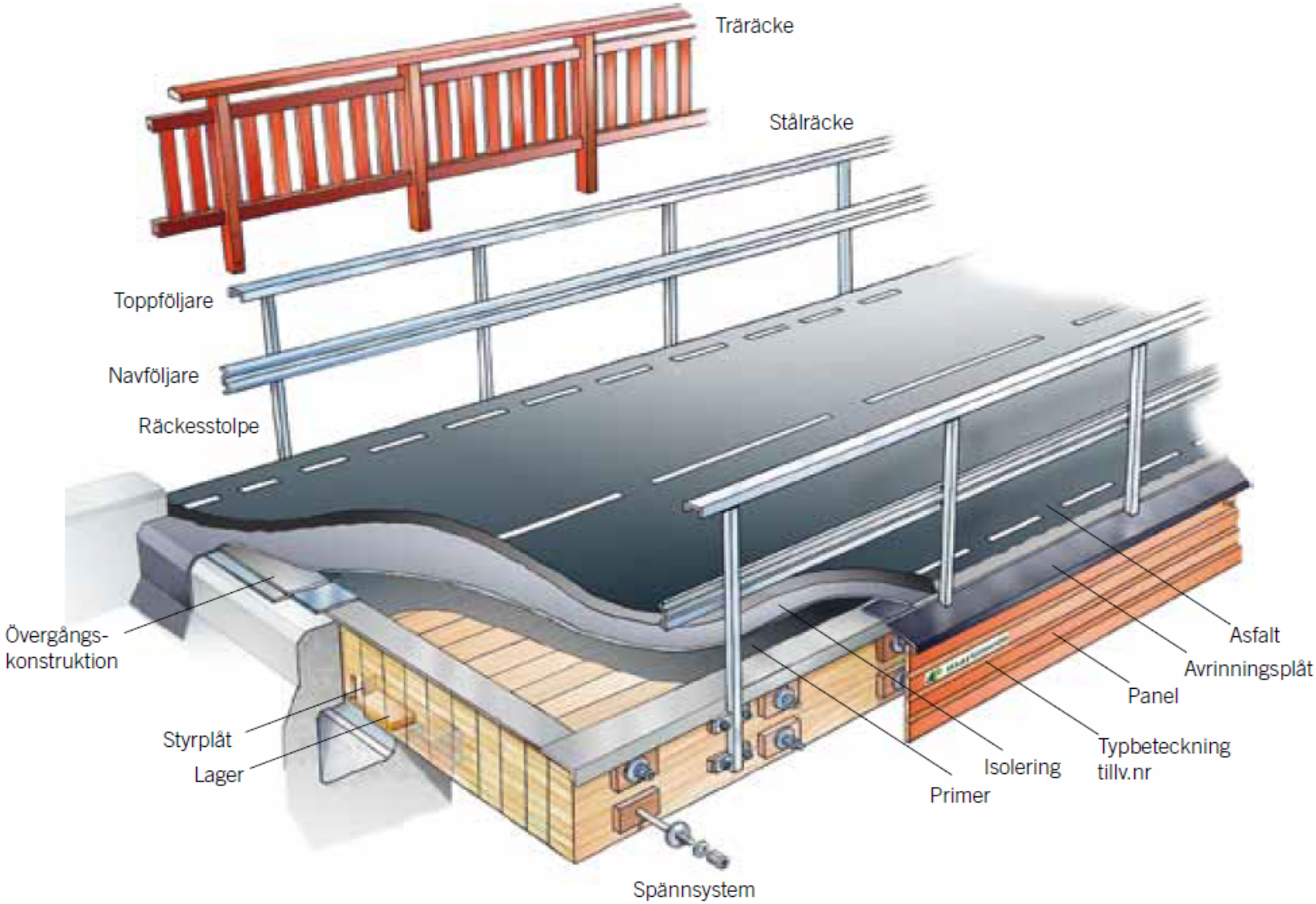
Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo



PUUINFO

Kuva: Versowood



PUUINFO

Kuva: Martinsons

Kuva: Martinsons

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Otto Kleppe, Staten vegvesen

Kuva: Otto Kleppe, Staten vegvesen

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

SNEDSTAG M80
ENL RITN -134

SNEDSTAG M64
ENL RITN -134

SNEDSTAG M48
ENL RITN -134

SYMMETRILINJE

-106

LED

DET 1

+9.05
ÖK FARBANA

+10.107
ÖK FARBANA

FL

-104

s1667 RÄCKESSTOLPAR

s2500 TVÄRBALKAR

ELEVATION -1250-

130000 SPV

26137 | 16250 | 16250 | 16250 | 16250 | 16250 | 16250 | 16250 | 16250 | 26137

182273

VINDSTAG M56
ENL RITN -134

VINDSTAG M48
ENL RITN -134

VINDSTAG M42
ENL RITN -134

VINDSTAG M36
ENL RITN -134

VINDSTAG M24
ENL RITN -134

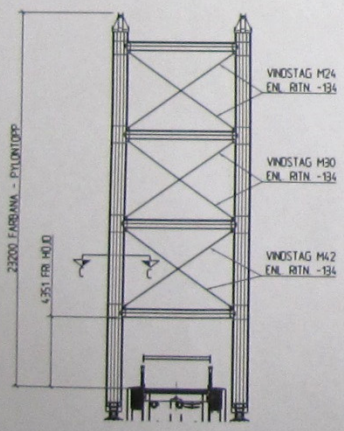
SKELLEFTE ÄLV

c/c STAG 7800

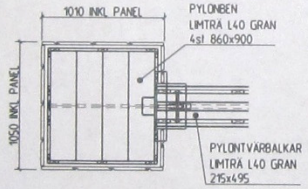
ANDERSTORP

ÄLVSBACKA

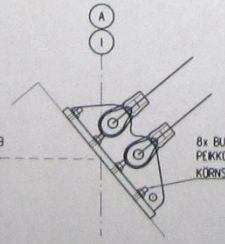
PLAN -1250-



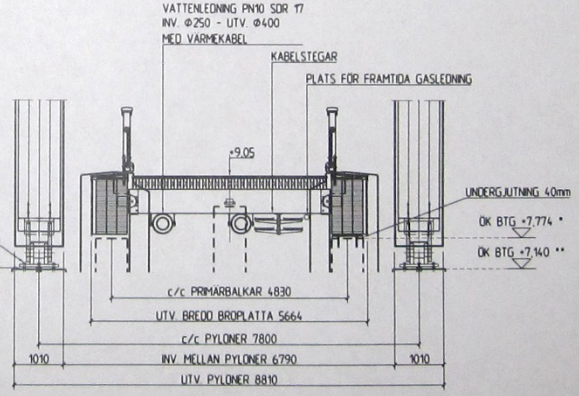
SEKTION SNITT A-A -1150-
LINJE 1



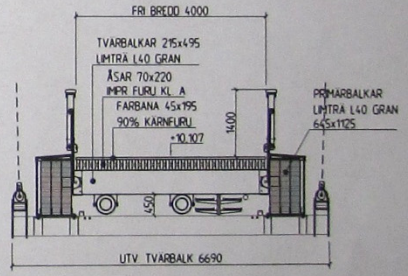
SNITT C-C -120-



DETALJ 1
BAKÅTFORANKRING-120-



SEKTION SNITT A-A -150-
LINJE 1 VISAS



SEKTION SNITT B-B -150-

* AVSER ÖK KONSTRUKTIONSBETONG UPPLAG PRIMÄRBALK (EXKL UNDERGJUTNING)
** AVSER ÖK KONSTRUKTIONSBETONG PYLONFOT (EXKL UNDERGJUTNING)

SKALLINJE
0 1 2 3 4 5M
1:100

REV	ANT	ANDRINGEN AVSER	GRDA	DATUM	VIS GRANSKAD	VIS GENHÖRDA
A	-	ALLMÄNT	TQ	20110316		

BYGGHANDLING

ARBETSHANDLING

Skellefteå kommun
Tekniska kontoret

COWI

martinsons
Träbroar

SKELLEFTEÅ KOMMUN
ÄLVSBACKA - ANDERSTORP

GC-BRO ÖVER SKELLEFTE ÄLV
VID ÄLVSBACKA STRAND

ELEVATION, PLAN, SEKTION

T. DARHOLM	7248
P. PERSSON	P. PERSSON
P. JACOBSSON	
F. ELIASSON	
GÖTEBORG	2010-08-31

A1	1:20, 1:50, 1:100, 1:250	
7248	7248-101	A

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

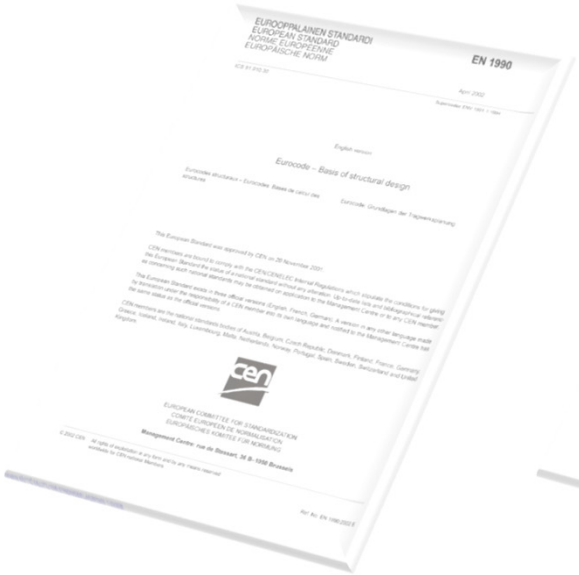
Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Kuva: Puuinfo

Suunnittelu

- Eurokoodit
- Kansalliset liitteet
- NCCI-sarja (eurokoodin soveltaminen, tilaajan tahto)
- Puusillan suunnittelu eroaa muiden puurakenteiden suunnittelusta lähinnä kuormien (NCCI 1) ja rakenteellisten ohjeiden (suojaus yms.) osalta (NCCI 5)

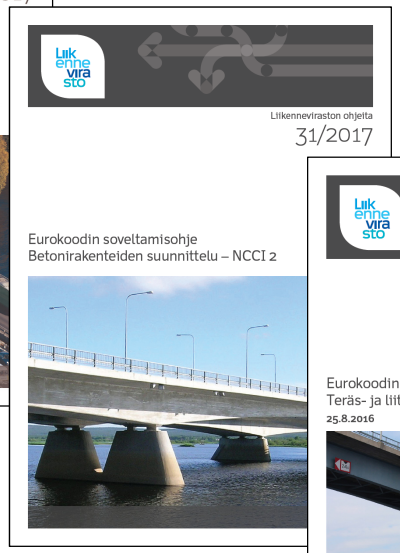


PUUINFO

NCCI-sarja

NCCI 1

NCCI 2



NCCI 4

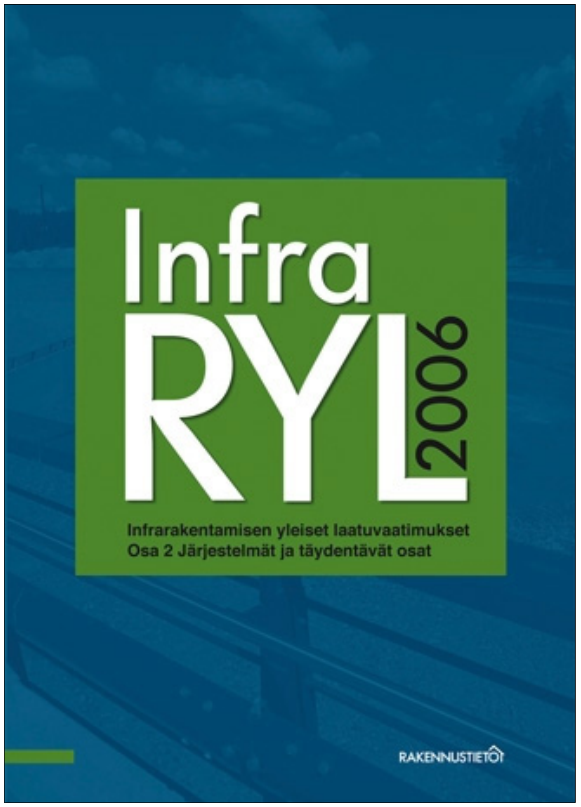
NCCI 5

NCCI T

NCCI 7

PUUINFO

Muita ohjeita



siltojen SILKO korjaus

PUURAKENTEET

RAKENTEELLISET KORJAUKSET

YLEISET LAATUVAATIMUKSET

1

LIIKENNEVIRASTO Taitorakenneyksikkö

8/2018

1.401

YLEISOHJEEN SISÄLTÖ

1. YLEISTÄ ... 5
2. PUUSILTATYYPIT ... 10
3. MATERIAALIT JA LIITOKSET ... 12
4. LAHONTORJUNTA JA PINTAKÄSITTELY ... 13
5. TYYPILLISET VAURIOT JA VIRHEET ... 15
6. PUUSILTOJEN HOITO ... 18
7. TUTKIMUKSET JA KORJAUKSEN PERIAATERATKAISU ... 18
8. KORJAUKSEN SUUNNITTELU ... 24
9. PURKUTYÖT JA TYÖNAIKAISET TUENNAT ... 29
10. KORJAUSTYÖT ... 32
11. TYÖTURVALLISUUS ... 41
12. LAADUNVARMISTUS JA LAADUNOHJAUS ... 43
13. RINNAKKAISET OHJEET ... 49
LIITE 1: Termit ja määritelmät

Kuva 1. Pyöröpuinen palkkisilta.

Kuva 2. Liimapuinen palkkisilta.

Kuva 3. Uusittu sillan liimapuuelementtikansi.

LIVI 2230095

© LIIKENNEVIRASTO 2018

Liikenneviraston

36 · 2015

LIIKENNEVIRASTON OHJEITA

Siltojen kantavuuslaskentaohje

PUUINFO

Kuormat

A. Omapaino

B. Liikennekuormat

C. Tuulikuormat

D. Lämpötilakuormat

   - *Puusillassa kosteudenvaihtelun aiheuttamat kuormat*

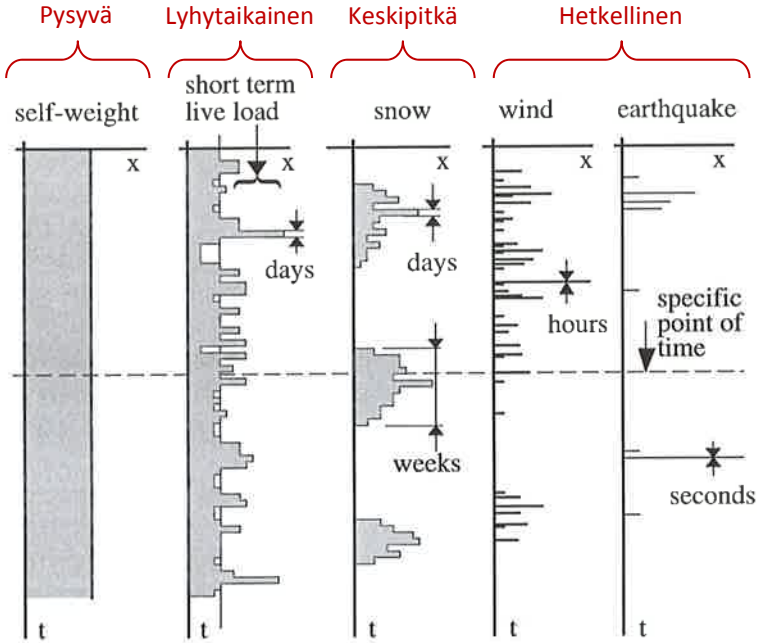
E. Työnaikaiset kuormat

F. Onnettomuuskuormat

G. Kuormien yhdistely

H. EC:n ulkopuoliset muut kuormat

   - *Jääkuorma, tukipainumat, laakerikitka jne.*



Kuormaryhmät

Taulukko 4.4a (FI) - Liikennekuormaryhmien määrittäminen (useasta komponentista muodostuvien kuormitusten ominaisarvot)

	AJORATA PIENTAREINEEN							Kevyen liikenteen väylä
	Pystykuormat					Vaakakuormat		
	LM1 Teli	LM1 UDL	LM2 Yksittäinen akseli	LM3 Erikoiskuorma	LM4 Ruuhkakuormitus	Jarru- ja kiihdytyskuormat	Keskipakokuorma ja sivukuorma	Vain Pystykuorma
	[EN 1991-2_4.3.2]		[EN 1991-2_4.3.3]	[EN 1991-2_4.3.4]	[EN 1991-2_4.3.5]	[EN 1991-2_4.4.1]	[EN 1991-2_4.4.2]	[EN 1991-2_5.3.2.1]
gr1a	Ominaisarvo 1	Ominaisarvo 1						Yhdistelyarvo 3 kN/m^2
gr1b			Ominaisarvo 1					
gr2	Tavallinen arvo (ψ1) 0,75	Tavallinen arvo (ψ1) 0,4				Ominaisarvo 1	Ominaisarvo 1	
gr3								Ominaisarvo 5 kN/m^2
gr4					Ominaisarvo 1			Ominaisarvo 5 kN/m^2
gr5				Ominaisarvo 1				

Eri kuormaryhmillä on selvä käyttötarkoituksensa (mitoittavat eri asioita) ja kaikkia kuormaryhmiä ei tarvitse aina muodostaa. Alla on eritelty kunkin kuormaryhmän sisältö (sulkuihin on kirjoitettu mahdollinen käyttötarkoitus ko. kuormaryhmälle).

gr1a (MRT_1 liitteen 1A taulukossa 1):

- Pystysuora liikennekuorma LM1 ominaisarvollaan
- Mahdollisen kevyen liikenteen kaistan kuorma 3 kN/m²
- Mitoittaa usein pääkannattimet ja kansilaatan poikittain
- Yleensä aina mitoittava, aina laskettava

gr1b (MRT_2):

- Pystysuora liikennekuorma LM2 ominaisarvollaan
- Mitoittaa mahdollisesti ortotrooppikannen, ulokkeen yms.
- Yleensä ei mitoittava, yleensä kuitenkin laskettava

gr2 (MRT_3):

- Pystysuora liikennekuorma LM1 tavallisella arvollaan (telikuormat kerrottuna arvolla 0,75 ja tasaiset kuormat arvolla 0,40)
- Liikenteestä aiheutuvat vaakakuormat ominaisarvollaan
- Mitoittaa usein alusrakenteet
- Usein mitoittava, aina laskettava

gr3 (MRT_4):

- Pelkästään kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoittava

gr4 (MRT_5):

- Kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Muut kaistat kuormitettuna ruuhkakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoittava

gr5 (MRT_6):

- Yliraskaan erikoiskuorman kuormakaavio LM3 ominaisarvollaan
- Mitoittaa mahdollisesti rakenteita murtorajatilassa
- Usein mitoittava ja aina laskettava

Ajoneuvoliikenteen silta mitoitetaan kauttaaltaan ajoneuvoliikenteen kuormakaavioille riippumatta suunnitellusta käyttötarkoituksesta.

Lähde: NCCI 1

Kuormakaavio LM1

Telikuorman ja tasan jakautuneen kuorman ominaisarvot kerrottuna α -kertoimilla on esitetty taulukossa B.1 (vrt. SFS-EN 1991-2 taulukko 4.2):

Taulukko B.1 Kuormakaavion LM1 kuormien ominaisarvot α–kertoimilla kerrottuna

Sijainti	Yleiset tiet			
	Telikuorma		UDL	
	α_{Qi}	$2\times \alpha_{Qi} \times Q_{ik}$ (kN)	α_{qi}	$\alpha_{qi} \times q_{ik}/q_{rk}$ (kN/m²)
Kaista nro 1	1,0	2×300	1,0	9
Kaista nro 2	1,5	2×300	2,4	6
Kaista nro 3	0	-	1,2	3
Muut kaistat	-	-	1,2	3
Kaistojen ulko-puolinen alue (q_{rk})	-	-	1,2	3

Valtion apua saavat yksityisteiden sillat ks. B.4.9.

B.4.9 Valtionapua saavat yksityisteiden sillat

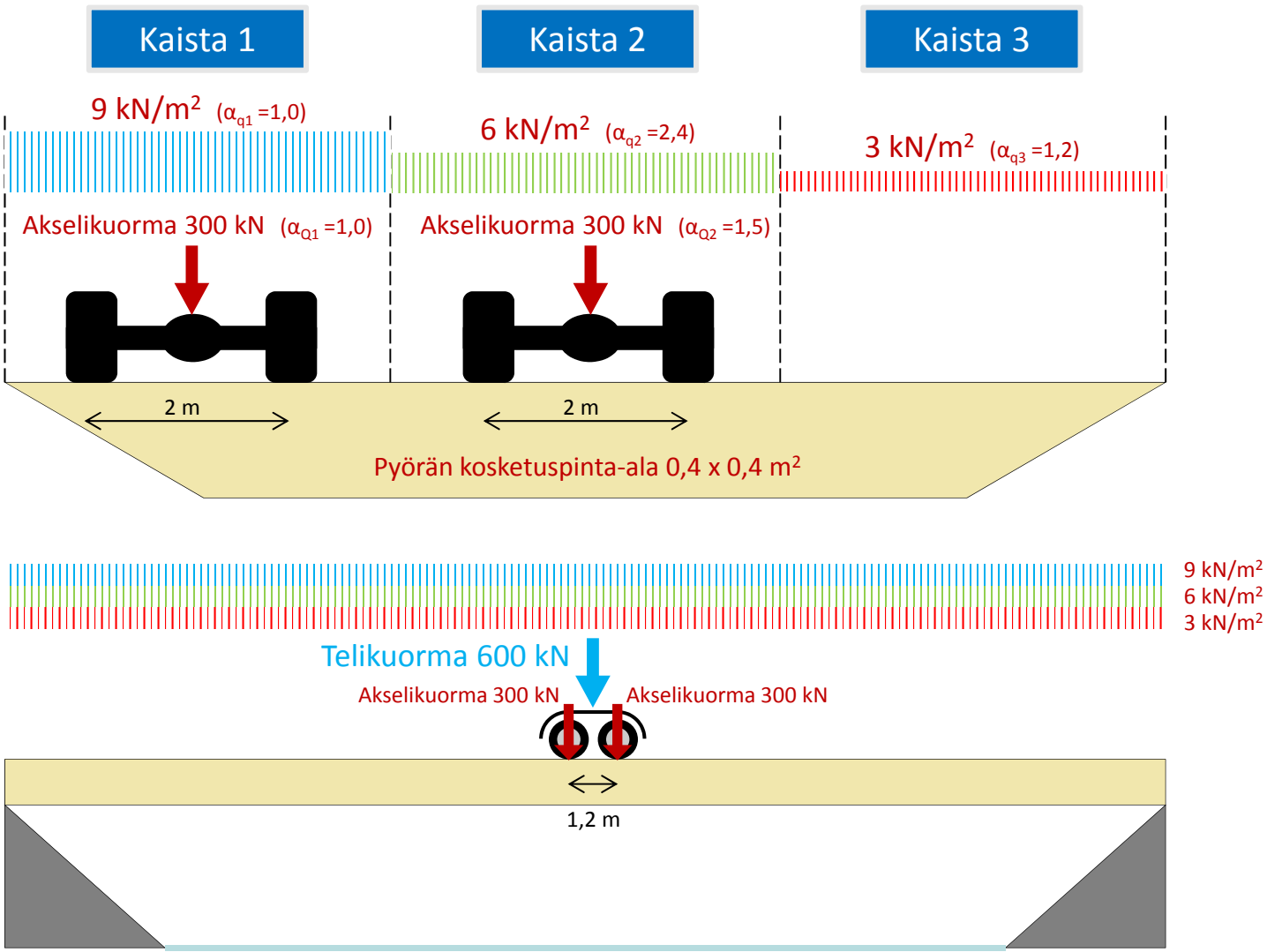
Valtionapua saavat yksityisteiden sillat mitoitetaan kuten yleisten teiden sillat. Kuormakaaviota LM3 ei tarvitse ottaa huomioon.

PUUINFO

Lähde: NCCI 1

Esimerkki tieliikennesillan pystykuormista

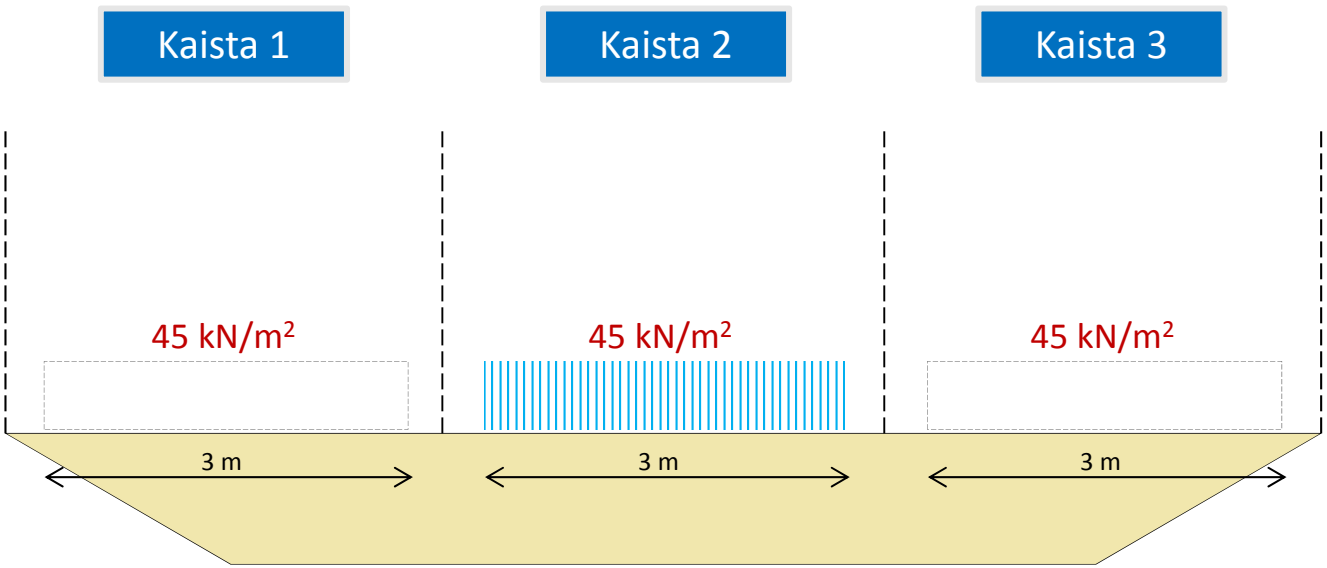
Kuormakaavio LM1 *(ominaisarvot sisältäen sovituskertoimet α)*

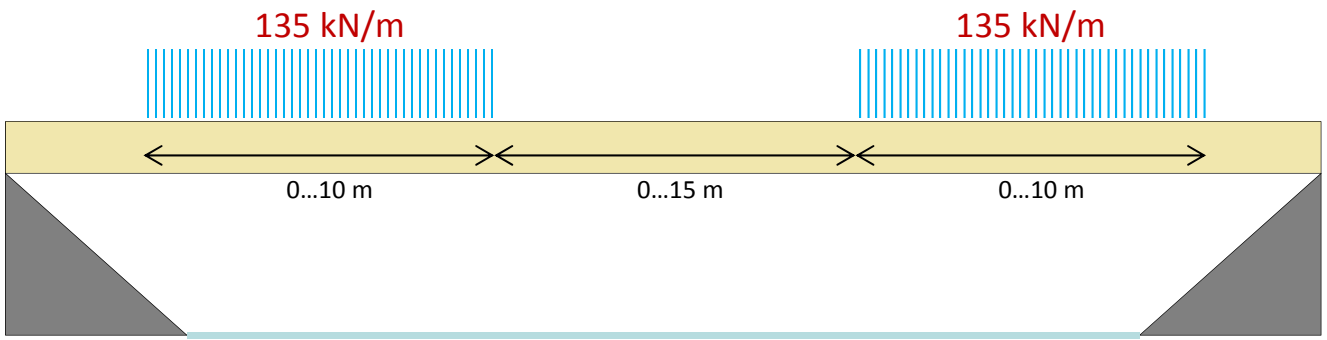


PUUINFO

Esimerkki tieliikennesillan pystykuormista

Kuormakaavio LM3 *(ominaisarvot, yhdellä kaistalla kerrallaan, erikoiskuorma)*





PUUINFO

Pituus 34,5 m, kokonaispaino 76 t

PUUINFO

Kuva: www.trafi.fi

Pituus 32 m, kokonaispaino 92 t

Tarvitsee poikkeusluvan

PUUINFO

Kuva: www.mtvuutiset.fi

Kevyen liikenteen sillan pystykuormat

- Tasaisesti jakautunut kuorma q_{fk}

$$q_{fk} = 2{,}0 + \frac{120}{(L+30)} \quad \text{kuitenkin } 2{,}5 \leq q_{fk} \leq 5{,}0 \text{ kN/m}^2 \qquad (L = \text{kuormituspituus})$$

asetetaan vaikuttamaan vaikutuspinnan pitkittäis- ja poikittaissuunnassa epäedullisilla osilla (shakkilautakuormitus)

- Tungoskuorma q_k

$q_k = 5{,}0$ kN/m^2

jos odotettavissa esim. jonotusta

- Pistekuorma Q_{fwk}

$Q_{fwk} = 20$ kN (kosketuspinta-ala 0,2 x 0,2 m^2)

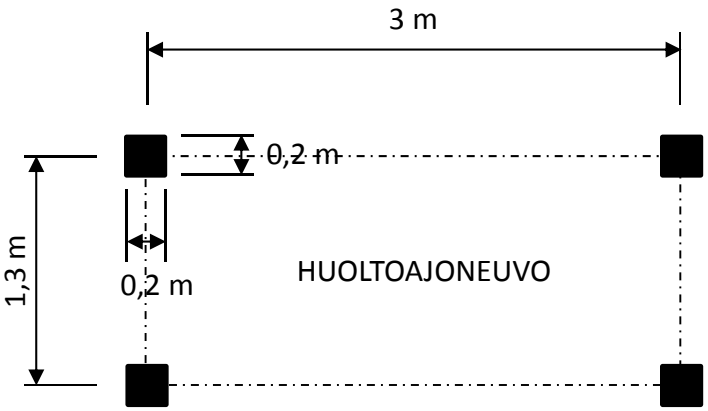
jos huoltoajoneuvon pääsy estetty

- Huoltoajoneuvokuorma Q_{serv}

$Q_{sv1} = 50$ kN + 50 kN

$Q_{sv2} = 30$ kN + 30 kN

ajoneuvon leveys 2 m



PUUINFO

Kuormitusyhdistelmät

Taulukko 1: Tiesillat – murtorajatila:

TIESILLAT - MURTORAJATILA - Set A: A2.4 (A), Set B: A2.4 (B)															
			KUORMITUSYHDISTELYN MÄÄRÄÄVÄ MUUTTUVA KUORMA (6.10b)												
			YHDISTELYKAAVAT MRT_1 - MRT_11												
			MRT_1	MRT_2	MRT_3	MRT_4	MRT_5	MRT_6	MRT_7	MRT_8	MRT_9	MRT_10	MRT_11		
		MRT_0	gr1a	gr1b	gr2	gr3	gr4	gr5	F_{wk}	T_k	BF	IL	TLEP		
		6.10a	LM1	LM2	LM1+vaaka	kevyt	ruuhka	LM3	Tuuli	Lämpötila	Laakerikitka	Jääkuorma	Lk-maanp.		
SET A (EQU) & SET B (STR/GEO)	Omapaino	1.35	STR/GEO: 1,25 / 0,9						EQU: 1,15 / 0,9						
	Esijännitys	1,1 / 0,9 4)	STR/GEO: 1,1 / 0,9 4)						EQU: 1,1 / 0,9 3)						
SET A (EQU) & SET B (STR/GEO)	gr1a (LM1) Telit	-		- -	- -	- -	- -	- -	- -	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75		
	gr1a (LM1) UDL	-	1.35	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1.35 x 0.4	1.35 x 0.4	1.35 x 0.4	1.35 x 0.4		
	gr1a (LM1) Kevyt	-		- -	- -	- -	- -	- -	- -	1.35 x 0.4	1.35 x 0.4	1.35 x 0.4	1.35 x 0.4		
	gr1b (LM2)	-	- -	1.35	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -		
	gr2 (LM1+Vaaka)	-	- -	- -	1.35	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -		
	gr3 (Kevyt)	-	- -	- -	- -	1.35	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -		
	gr4 (Ruuhka)	-	- -	- -	- -	- -	1.35	- -	- -	- -	- -	- -	- -		
	gr5 (LM3)	-	- -	- -	- -	- -	- -	1.35	- -	- -	- -	- -	- -		
	F_{wk} 1)	-	1.5 x 0.6	- -	- -	- -	- -	- -	1.5	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6		
	T_k 2)	-	1.5 x 0.6	- -	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6	- -	1.5 x 0.6	1.5	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6		
	BF	-	1.5 x 0.6	- -	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6	- -	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6	1.5	1.5 x 0.6	1.5 x 0.6		
	IL	-	1.5 x 0.7	- -	1.5 x 0.7	1.5 x 0.7	1.5 x 0.7	- -	1.5 x 0.7	1.5 x 0.7	1.5 x 0.7	1.5	1.5 x 0.7		
	S 2)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
	TLEP	-	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	- -	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	1.35 x 0.75	1.35		

1) Tuulikuormasta huomio: Tuulikuorma lasketaan erikseen tyhjän sillan tapaukselle ja tapaukselle jossa se esiintyy yhtä aikaa liikennekuorman kanssa.

2) Lämpötilakuorma/tukipainuma voidaan jättää pois murtorajatilayhdistelystä mikäli rakenteella on riittävästi muodonmuutoskykyä (ks. materiaalikohtaiset sovellusohjeet)

3) Stabiliteettia tarkastettaessa (EQU) 1,30 / 0,9 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (2) Huom])

4) Paikalliset vaikutukset 1,20 / 0,9 (STR/GEO) [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (3) Huom])

- Passiivipaineen yhdistelykerroin aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuusluku pysyvän kuorman mukaan
- Vedenpinnan aseman vaikutukset yhdistellään pysyvän kuorman kanssa siten että saavutetaan määräävä yhdistely

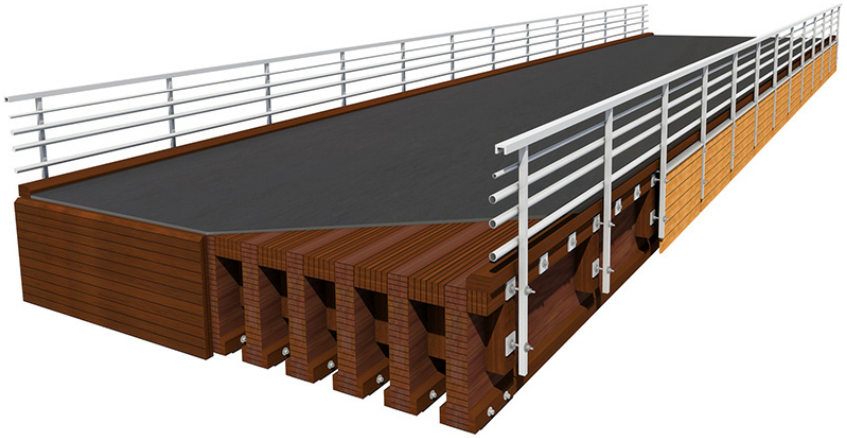
= Määräävä muuttuva kuorma

PUUINFO

Lähde: NCCI 1

Esimerkkejä muista kuormista

- Jarrutus- ja kiihdytyskuormat
- Keskipakokuorma
- Onnettomuuskuormat
- Maatukien ja niihin liittyvien muurien kuormat
- Väsytyskuormat
  - *Puusillassa voidaan yleensä jättää tarkastelematta*



6.7 Väsyminen

Standardin SFS-EN 1995-2 kohdan 6.2 mukaan rakenteet, rakenneosat ja liitokset tulee mitoittaa liikenteen ja/tai tuulikuorman aiheuttamille toistuville jännitysvaihteluille siten, ettei väsyminen aiheuta niihin merkittäviä vaurioita elinkaaren aikana. Standardi SFS-EN 1995-1-1 ei käsittele väsytystä.
Kevyen liikenteen ja useimpien ajoneuvoliikenteen puusiltojen väsyminen voidaan yleensä jättää tarkastelujen ulkopuolelle. Vilkkaan raskaan liikenteen kuormittamien tiesiltojen väsymisriski ja siihen vaikuttavat tekijät, kuten siltatyyppi, rakenneratkaisut ja liikenneluokka tulee arvioida yleisellä tasolla. Asianomainen viranomainen päättää hankekohtaisesti väsymistarkastelun tarpeellisuudesta.

Lähde: NCCI 5

PUUINFO

Kuva: Versowood

Mitoitus

- Kantavuus (MRT)
- Muodonmuutokset (KRT)
- Värähtely (KRT)

  - kun f_1 > 5 Hz → ei tarvitse tarkastella

7.3.2 Puurakenteisten tiesiltojen värähtely

Puurakenteisille tiesilloille määritetään tarkastelun peruskriteerinä pidettävä alin ominaistaajuus. Jos ominaistaajuus on > 5 Hz, tarkempaa värähtelytarkastelua ei yleensä tarvita. Värähtelytarkastelu suoritetaan lähtökohtaisesti samoilla perusteilla kuin kohdassa 7.3.3, ellei tilaaja esitä hankekohtaisia kriteerejä.

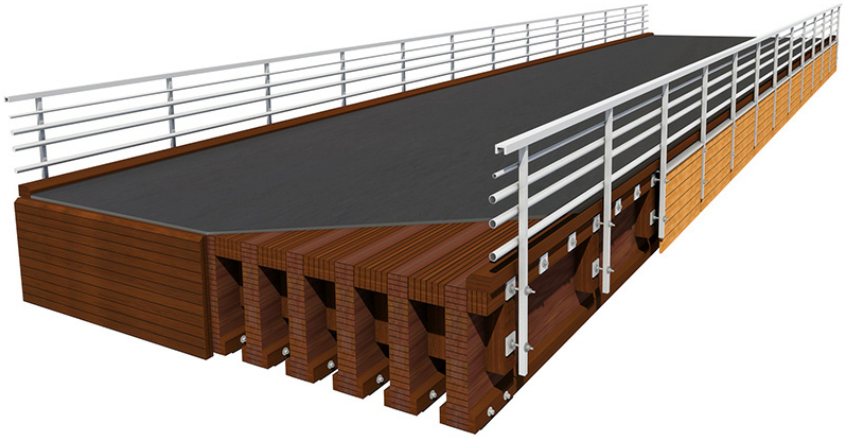
7.3.3 Kevyen liikenteen puusiltojen värähtely

Yleiset vaatimukset

Kaikille kevyen liikenteen silloille määritetään määräävä (yleensä alin) ominaistaajuus.

Värähtelytarkastelu on yleensä tarpeen, jos pystysuuntaisen värähtelyn ominaistaajuus on < 5 Hz tai vaakasuuntaisen värähtelyn ominaistaajuus < 2,5 Hz.

Lähde: NCCI 5



Kuva: Versowood

Rakenteiden tavoitekäyttöikä

Antaa viitteitä rakenteiden korjaus- ja uusimistarpeen ajankohdasta

- Betonirakenteiset reunapalkit
  - *35 vuotta (suolarasitus)*
  - *40 vuotta (ei suolarasitusta)*
- Teräsrakenteen pintakäsittely
  - *25 vuotta (suolarasitus)*
  - *40 vuotta (ei suolarasitusta)*
- Suojaamattomat puurakenteet
  - *25 vuotta (säälle altis)*
- Betonirakenteiden pinnoitteet
  - *25 vuotta*
- Vedeneristys
  - *40 vuotta (kumibitumikermi)*
  - *25 vuotta (mastiksieristys)*

PUUINFO

Kuvat: SILKO 1

Sillan suunnittelukäyttöikä

Antaa viitteitä sillan käyttöiästä (käyttöiän jälkeen silta puretaan)

- Betonisillat
  - *100 vuotta*
- Terässillat
  - *100 vuotta*
- Puusillat
  - *50 vuotta*
- Teräsputkisillat
  - *50 vuotta*

Säilyvyys

Puuosat kyllästetään

- A-luokka
- Työstöpinnat käsiteltävä
  - *työstöpintoihin imeytetään kyllästysainetta*
- Kreosoottiöljy toistaiseksi sallittu
  - *tahraava, epäesteettinen, haju, biologiset haitat*

    → harkittava tapauskohtaisesti

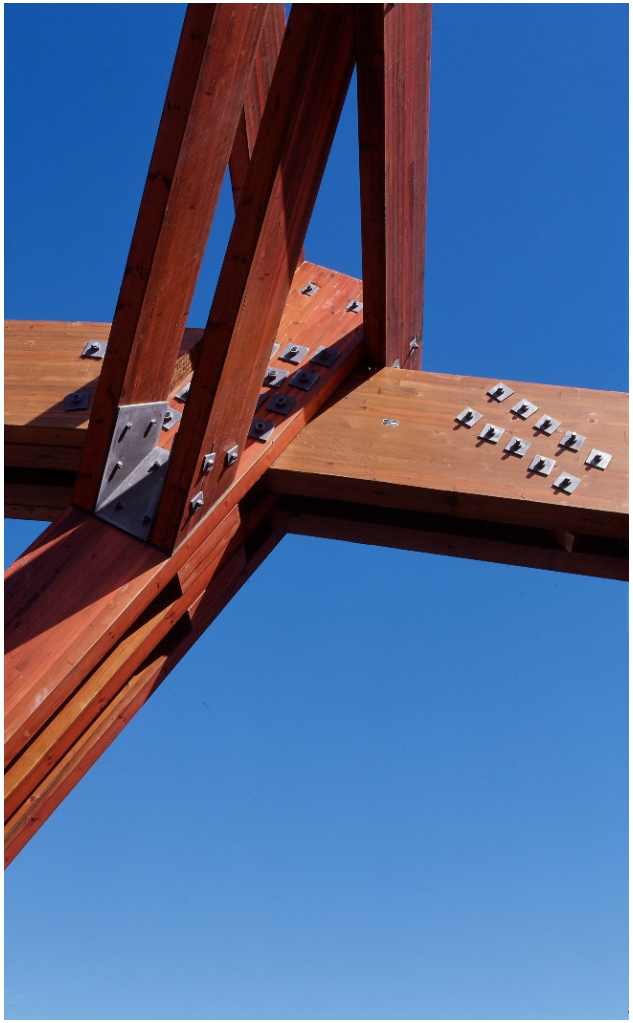
Teräsosat

- Kuumasinkitys tai ruostumaton teräs

Taulukko 5. Liitinten korroosiosuojausvaatimukset puusilloissa

Liitin	Käyttöluokat 2 ja 3
Naulat ja ruuvit, pultit, tappivaarnat	Fe / Z350
Teräslevyt, kun paksuus > 3 mm	Fe / Z350
Teräslevyt, kun paksuus ≤ 3 mm	rst

Lähde: NCCI 5



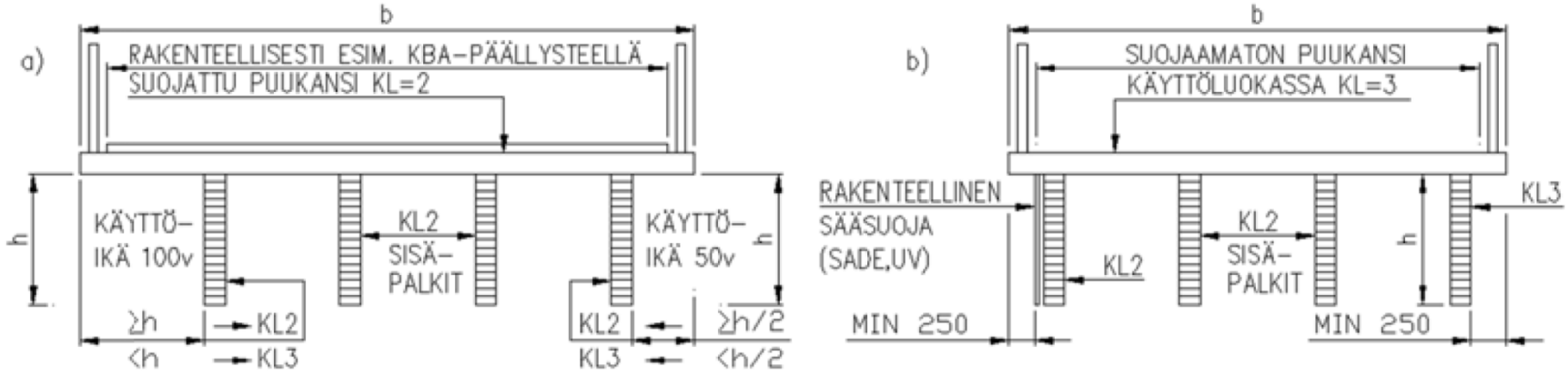
PUUINFO

Kuva: Puuinfo

Rakenteellinen suojaus

Sateen, tuulen ja auringon haittavaikutuksia voidaan torjua lisäksi mm. seuraavasti:

- Eliminoimalla vettä keräävät rakennedetaljit (kynnykset, painanteet, kolot, raot)
- Huolehtimalla pintavesien johtamisesta riittävin kallistuksin ja vedenpoistolaittein
- Eliminoimalla kapillaarinen kosteuden imeytyminen puurakenteisiin
- Rakenteellisella suojauksella (kotelointi, kattaminen, pintarakenteet)
- Huolehtimalla rakenteiden riittävästä tuuletuksesta
- Huolehtimalla puun riittävistä suojaetäisyyksistä maahan, veteen ja kasvustoon
- Sillan ja ympäristön tarkoituksenmukaisilla materiaalivalinnoilla
- Sekundäärisellä pintakäsittelyllä (öljypohjaiset maalit ja puunsuoja-aineet)



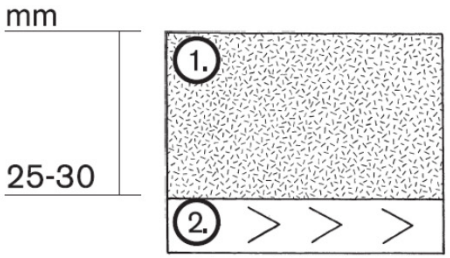
PUUINFO

Lähde: NCCI 5

Puukantisen sillan pintarakenne

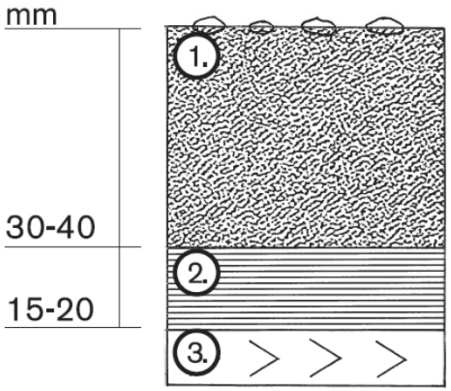
Kevyenliikenteensillat

1. Lemfalt 6/70 kg/m²
   + hiekkahierto
2. Puukansi



Ajoneuvosillat

1. Lemproof-KBVA 16/80 kg/m²
   + karkeutuskivi
   tai
   KBVA 11/70 kg/m² + karkeutuskivi
2. Lemmastix-eristysmastiksi
   35-50 kg/m²
3. Puukansi

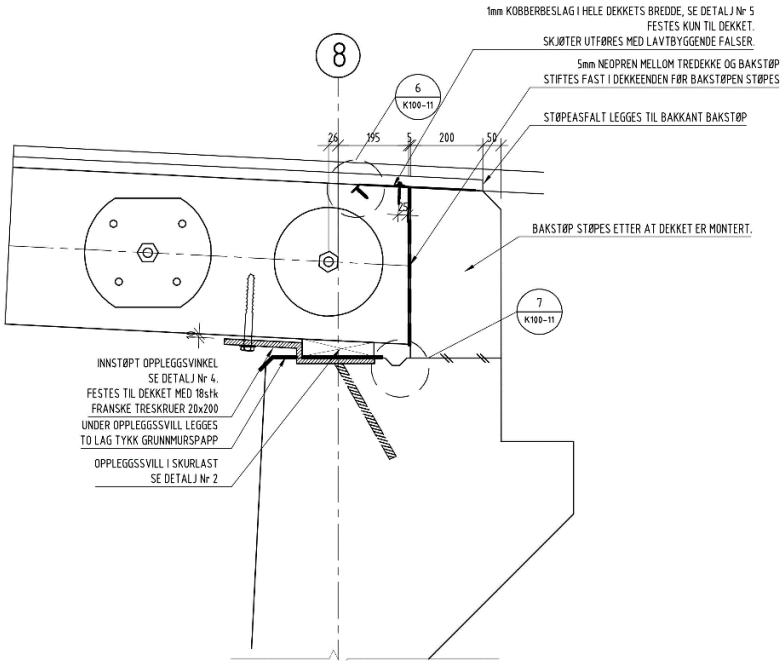


PUUINFO

Lähde: Lemminkäinen

Puusillan laakerointitarve

- **Tutkitaan tapauskohtaisesti**
- **Esimerkiksi kevyen liikenteen silta Norjassa**
  - *kannen pituus 99 m*
  - *molemmat päädyt kiinni maatuissa*
  - *laakerina lankku 50 x 200*



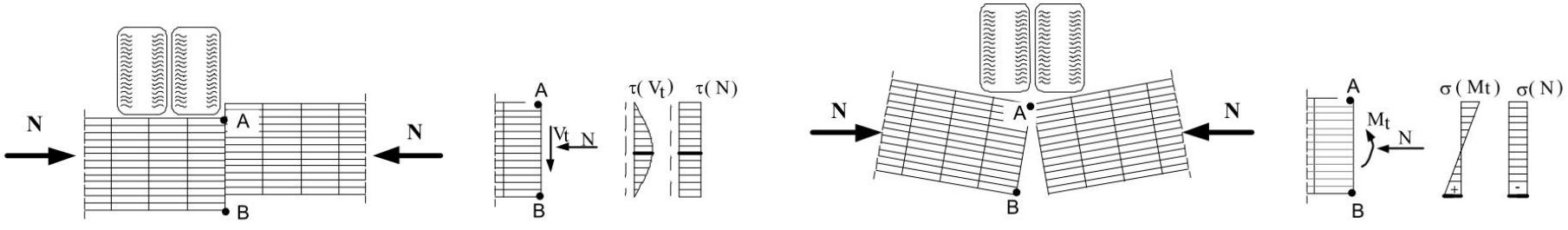
PUUINFO

Lähde: SWECO

Poikittaisjännitetty puusilta

Suunnittelussa huomioitavia erityispiirteitä

- Puun kosteus jännittämisvaiheessa 12…16 % *(käyttöolosuhteissa kosteusluokka 2)*
- Jännittämisaste *(jännityshetkellä ≥ 1 MPa, jäännösjännitys $\sigma_{p,min} \geq 0{,}35$ MPa)*
- Paikallinen puristus ja kokoonpuristuma ankkurilaattojen alla *($k_{c,90} = 1{,}3$)*
- Tankojen jännitykset ja murtovenymä *(jännehäviö ja kannen turpoamisreservi)*
- Lyhyt- ja pitkäaikaishäviöiden (viruma, relaksaatio), puun kosteusmuutosten ja jännetankojen lämpötilamuutosten vaikutus jännevoimaan ja tankojen kestävyyteen
- Käytetään standardin SFS-EN 1995-2 taulukossa 6.1 annettuja kitkakertoimia μ_d
- Jännitysvoiman tulee vaikuttaa keskeisesti

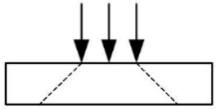
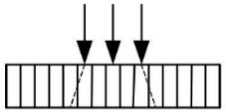


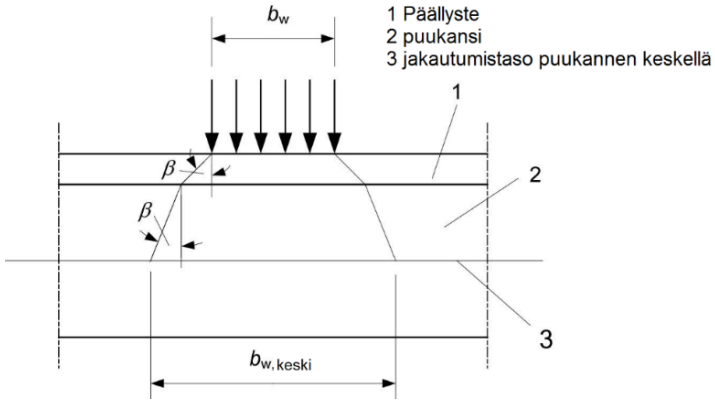
$$F_{v,Ed} \leq \mu_d \cdot \sigma_{p,\min} \cdot h \quad \text{[MN/m]}$$

- **Kitkavoima pitää kannen yhdessä ja parantaa kuormien jakautumista**

Kitkakertoimet

Laminaattien pinnan karkeus	Syyn suuntaan		kohtisuoraan syitä vastaan	
	Puun kosteus ≤ 12 %	Puun kosteus ≥ 16 %	Puun kosteus ≤ 12 %	Puun kosteus ≥ 16 %
sahapinta - sahapinta	0,30	0,45	0,23	0,35
höylätty - höylätty	0,20	0,40	0,17	0,30
sahapinta - höylätty	0,30	0,45	0,23	0,35
puu -betoni	0,40	0,40	0,40	0,40

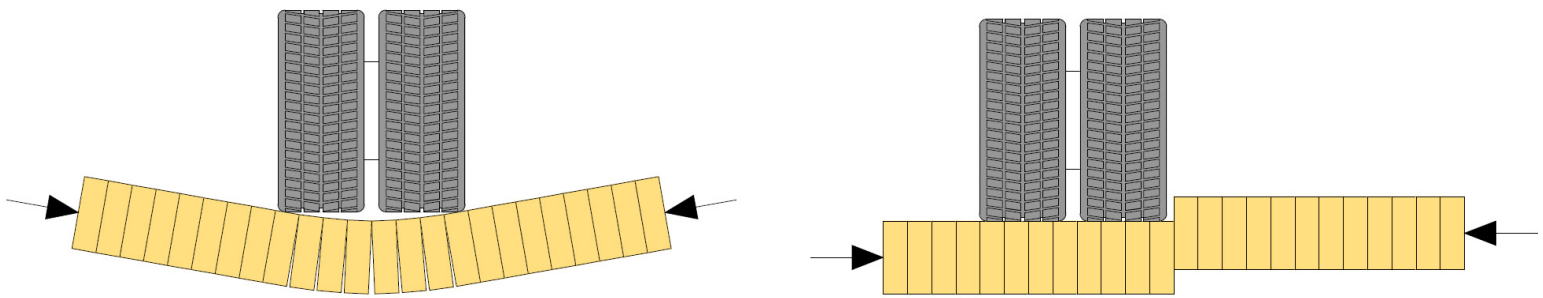
Päällyste	45°
Lankut	45°
Laminoitu puukansi:	
- syyn suuntaan 	45°
- kohtisuoraan syitä vastaan 	15°
Vaneri ja CLT-laatat	45°



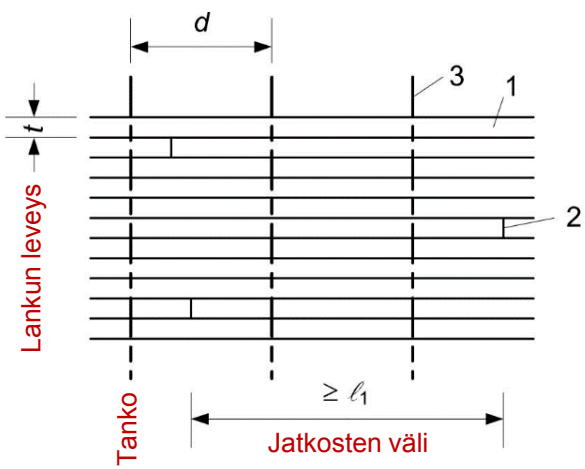
PUUINFO

Lähde: EN 1995-2

- **Puristusvoima lisää kannen poikittaista jäykkyyttä**
  - *poikittainen jäykkyys kuitenkin suhteellisen pieni*
  - *jännitys ei riitä saamaan koko poikkileikkausta puristetuksi*



- **Jatkokset**
  - *enintään joka 4. lankku saadaan jatkaa samassa kohdassa*

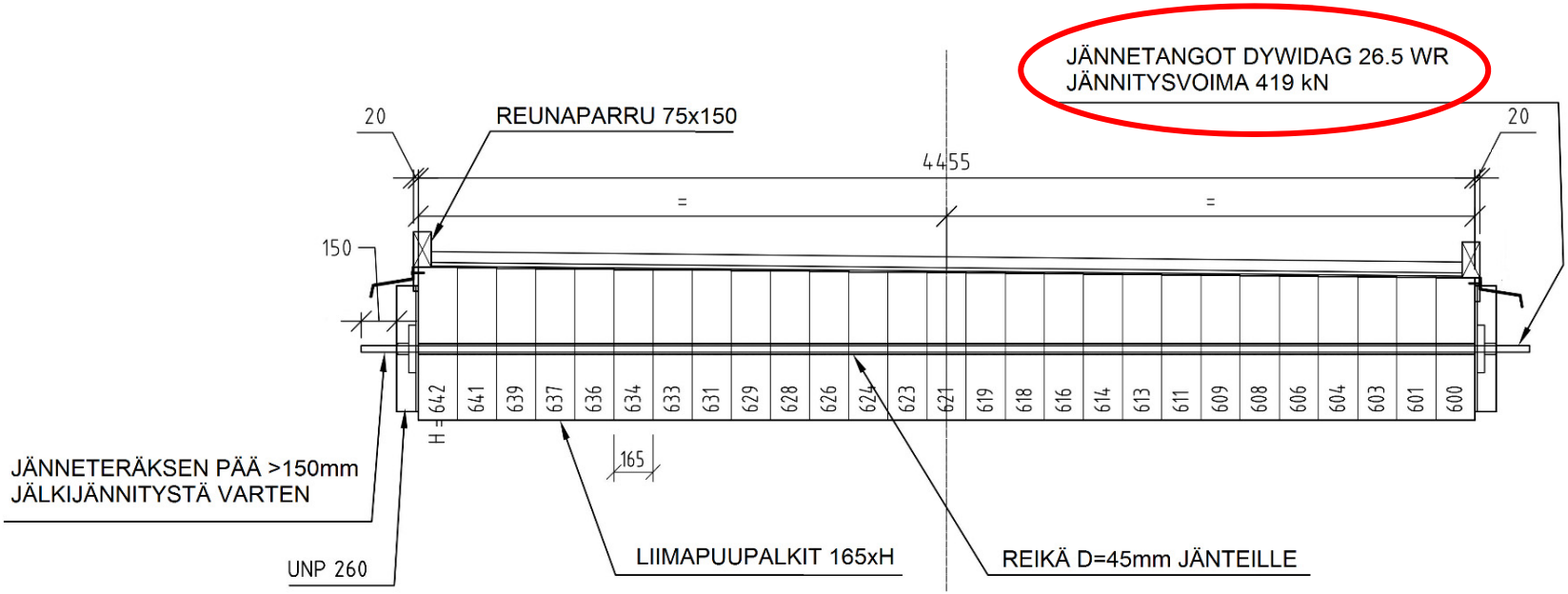


$$\ell_1 = \min \begin{cases} 2d \\ 30t \\ 1{,}2\ \text{m} \end{cases}$$

PUUINFO

Lähde: EN 1995-2

- **Tavallisesti kuumasinkityt tangot (DYWIDAG)**
- **Jännevoiman häviöt 20…60 % (EN 1995-2 häviö 65 %)**
- **Häviön suuruuteen vaikuttaa**
  - *kosteusvaihtelut*
  - *uudelleenjännityksen aikataulu*
  - *jännitystaso (liiallinen jännittäminen kasvattaa häviötä)*



PUUINFO

Lähde: SWECO