



Tielaitos

# Siltojen kuormat

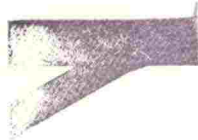
Sillansuunnittelu

Helsinki 1991

Tiehallitus

VANHENTUNUT

08. 7. 5



**Tielaitos**  
Tiehallituksen kirjasto

Doknro: 911329  
Nidenro: 911701

# Siltojen kuormat

Tielaitos  
Tiehallitus

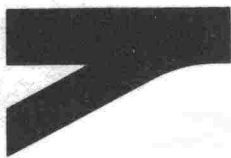
Helsinki 1991

2. korjattu painos  
ISBN 951-47-2729-0  
TIEL 2172072

Valtion painatuskeskus  
Helsinki 1991

Julkaisua myy  
Tiehallitus, painotuotevarasto

**Tielaitos**  
Tiehallitus  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde (90) 1541



Tielaitos

OHJE

11.4.1991

Sss-145

C.2.3.1

Jakelun mukaan

Säädösperusta  
TL 117 §  
Kohderyhmät  
TIEH, ALUEHALLINTO

Korvaa/muuttaa  
Kirje Sss-149/20.5.1982

Voimassa  
11.4.1991-TOISTAISEKSI

Asiasanat  
SILLAT, SUUNNITTELU, OHJEET, SILTOJEN KUORMAT

---

### SILTOJEN KUORMAT, TIEL 2172072

Ohjeessa siltojen kuormat, TIEL 2172072, esitetään tiesiltojen suunnittelussa käytettävät kuormat ja niiden käyttöä koskevat varmuusperusteet.

Ohjeeseen sisältyy siltojen pysyvät kuormat, ajoneuvoliikenteen ja kevyen liikenteen kuormittamien siltojen liikennekuormat, siltojen kohdistuvat luonnonkuormat sekä kuormien yhdistelyä koskevat säännöt.

Apulaisjohtaja  
Sillansuunnittelu

  
Juhani Vähäaho

Diplomi-insinööri

  
Matti Kuusivaara

JAKELU

Tiepiirit  
Ylijohtaja  
S, Skk, Sts, T, Tt, Tg  
Kirjasto, Ohjeluettelo C.2.3.1  
Ulkopuolinen jakelu/luettelo

---

LISÄTIETOJA  
Matti Kuusivaara  
Sillansuunnittelu  
Puh. (90) 1542349

JAKELU/MYYNTI  
Tiehallitus, painotuotevarasto  
Opastinsilta 12 A tai PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. (90) 1542052

## ALKUSANAT

Ohjeessa Siltojen kuormat esitetään tiesiltojen suunnittelussa käytettävät kuormat ja niiden käyttöä koskevat varmuusperusteet eri mitoitusmenetelmien yhteydessä.

Ohje perustuu Pohjoismaisen Tietekillisen Liiton (PTL) raporttiin 4:1980 Lastbestemmelser for vegbroer ja ympäristöministeriön julkaiseman Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykseen B1 Rakenteiden varmuus ja kuormitukset.

Ohjeeseen on tehty aikaisempaan painokseen verrattuna vähäisiä muutoksia ja tarkistuksia.

Ohjetta käsitelleen toimikunnan jäseninä ovat olleet Matti Kuusivaara (pj.), Reino Hevonoja, Markku Nousiainen ja Hannu Utti tiehallituksen sillansuunnittelusta.

Helsingissä, joulukuussa 1990

Sillansuunnittelu

## Sisältö

Alkusanat	3
Sisällysluettelo	4
<b>1 YLEISTÄ</b> .....	<b>6</b>
1.1 OHJEEN KÄYTTÖ	6
1.2 OHJEEN SISÄLTÖ	7
1.3 LIIKENNEKUORMAN MERKINTÄ	7
<b>2 PYSYVÄT KUORMAT</b> .....	<b>7</b>
2.1 YLEISTÄ	7
2.2 RAKENNEOSIEN PAINO	7
2.3 MAANPAINE	8
2.4 VEDENPINNAN ASEMAN HUOMIOONOTTAMINEN	8
2.5 BETONIN KUTISTUMINEN JA VIRUMINEN	8
2.6 JÄNNEVOIMA	9
<b>3 MUUTTUVAT KUORMAT</b> .....	<b>9</b>
3.1 AJONEUVOLIIKENTEE SILLAN LIIKENNEKUORMA	9
3.11 Pystysuorat kuormat	9
3.111 Ajoinata ja piennar	9
3.112 Jalkakäytävä ja pyörätie	13
3.113 Keskiasta ja vastaavat alueet	13
3.114 Pystysuora liikennekuorma tiepenkereellä	13
3.115 Pystysuora kuorma vaihtorasitustarkasteluis- sa	14
3.12 Vaakasuorat kuormat	14
3.121 Jarrukuorma	14
3.122 Sivukuorma	15
3.123 Keskipakokuorma	15
3.13 Törmäyskuormat	16
3.2 KEVYEN LIIKENTEE SILLAN LIIKENNEKUORMA	16
3.21 Pystysuorat kuormat	16
3.22 Vaakasuorat kuormat	17
3.221 Kuorma sillan pituussuunnassa	17
3.222 Sivukuorma	17
3.23 Törmäyskuorma	17
3.3 LIIKENNEKUORMAN AIHEUTTAMA MAANPAINE	18
3.4 LAAKERIKITKA	18
3.5 LÄMPÖTILAN MUUTOS JA EPÄTASAINEN LÄMPÖTILA	18
3.6 TUULIKUORMA	19
3.7 JÄÄKUORMA	20
3.8 TÖRMÄYSKUORMA	22
3.81 Ajoneuvoliikenteen törmäys	22
3.811 Törmäys alusrakenteisiin	22
3.812 Törmäys päällysrakenteeseen	23
3.82 Aluksen törmäys	23

---

3.9	TUKIEN SIIRTYMINEN	24
3.10	AVATTAVAA SILTAA KOSKEVAT ERITYISOHJEET	24
<b>4</b>	<b>KUORMIEN YHDISTELY . . . . .</b>	<b>25</b>
4.1	YLEISTÄ	25
4.2	RAJATILAMITOITUS	25
4.3	MITOITUS SALLITTUJA JÄNNITYKSIÄ KÄYTTÄEN	27
4.4	KOKONAISSVARMUUSKERROINMENETELMÄ	28



# 1 YLEISTÄ

## 1.1 OHJEEN KÄYTTÖ

Tätä ohjetta käytetään kaikkien yleisten teiden siltojen suunnittelussa ja niiden yksityistiesiltojen suunnittelussa, jotka saavat valtion avustusta sillan rakentamiseen. Siltojen kantavuuden määräytyksestä annetaan ohjeet erikseen.

Ohjeessa on määritelty kaksi kuormaluokkaa ajoneuvoliikenteelle tarkoitettujen siltojen liikennekuormalle. Kuormaluokkaa I käytetään yleisten teiden silloissa ja niissä yksityisteiden silloissa, jotka todennäköisesti muuttuvat yleisten teiden silloiksi. Luvanvaraisiin erikoiskuljetuksiin varaudutaan tarkistamalla rakenne kuormakaavioille raskas erikoiskuorma 1 tai eräissä poikkeustapauksissa vähäliikenteisillä teillä kuormakaavioille raskas erikoiskuorma 2.

Kuormaluokkaa II käytetään muissa valtion avustusta saavissa yksityisteiden silloissa. Näissä silloissa harkitaan luvanvaraisten erikoiskuljetusten tarve erikseen ja tarvittaessa varaudutaan niihin tarkistamalla sillan mitoitus kuormakaavioille raskas erikoiskuorma 2.

Erikoistapauksissa kuten raskaiden erikoiskuljetusten reittien silloissa voidaan tapauskohtaisesti määrätä käytettäväksi suurempia suunnittelu-kuormia kuin tässä ohjeessa on esitetty.

Kuormaluokille I ja II suunniteltujen siltojen kantavuus ilman raskasta erikoiskuormaa:

Kuormaluokka	I	II
Kantavuus (t)		
akselipaino	16	12
2-aks. teli	21 (24)	16 (18)
3-aks. teli	27 (30)	21 (24)
kokonaispaino	75	60

(sulussa akselivälin  $\geq 1,3$  m mukaan lasketut telipainot)

Kevyen liikenteen siltojen kuormalle suunniteltu silta kantaa seuraavat ajoneuvot:

Ajoneuvo	Etuakseli (t)	Akseliväli (m)	Taka-akseli (tai teli) (t)
Tiehöylä	6	5	6 + 6
Aura-auto	7	4	7
Traktori	6	2,5	6

## 1.2 OHJEEN SISÄLTÖ

Ohje määrittelee kuormat siltöjen suunnittelua varten.

Kuormien ominaisarvot on esitetty luvuissa 2 ja 3.

Kantavien rakenteiden yleiset suunnitteluperusteet ja eri mitoitusmenetelmiä koskevat perusteet on määritelty sisäasianministeriön julkaiseman Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksessä B1 "Rakenteiden varmuus ja kuormitukset". Sen pohjalta on määritelty luvussa 4 kuormien yhdistelyperiaatteet eri mitoitusmenetelmien yhteydessä sekä kuormien osavarmuuskertoimet rajatilamitoituksen yhteydessä. Liikennekuorman osavarmuuskerroin on valittu ottaen huomioon kuorman suuruudessa esiintyvän hajonnan ja muita epävarmuustekijöitä.

## 1.3 LIIKENNEKUORMAN MERKINTÄ

Liikennekuorman merkinnässä ilmoitetaan kuormaluokka, Lk I tai Lk II, tarkistuskuorma raskaita erikoiskuljetuksia varten, Ek 1 tai Ek 2 sekä viittaus tähän ohjeeseen TIEL 91.

Esim. Lk I, Ek 1/TIEL 91

Kevyen liikenteen sillan liikennekuormasta käytetään merkintää KIk/TIEL 91.

## 2 PYSYVÄT KUORMAT

### 2.1 YLEISTÄ

Pysyviksi kuormiksi katsotaan rakenneosien paino ja muu rakenteeseen vaikuttava muuttumaton kuorma kuten täytteet ja päällysteet, maanpaine sekä kuorma, joka aiheutuu alivedenkorkeudella olevasta vedestä. Jännevoima sekä kutistuminen ja viruminen otetaan myös huomioon pysyvänä kuormana.

### 2.2 RAKENNEOSIEN PAINO

Rakenneosien paino lasketaan yleensä käyttäen nimellismittoja ja aineiden keskimääräistä tilavuuspainoa.

Rakenneosien painoa laskettaessa käytetään seuraavia tilavuuspainoja

Betoni, raudoitettu	25 kN/m <sup>3</sup>
Betoni, raudoittamaton	24 kN/m <sup>3</sup>
Teräs	77 kN/m <sup>3</sup>
Puu	6 kN/m <sup>3</sup>
Asfalttibetoni	24 kN/m <sup>3</sup>

Valuasfaltti, mastiksi	20 kN/m <sup>3</sup>
Murske- tai soratäyte	21 kN/m <sup>3</sup>
Kevytsorabetoni K 8	11 kN/m <sup>3</sup>
Kevytsorabetoni K 15	14 kN/m <sup>3</sup>

Päällysteen painoa laskettaessa varaudutaan lisäpäällystekerrokseen, jonka paino on 1 kN/m<sup>2</sup>.

### 2.3 MAANPAINE

Maanpaine katsotaan yleensä pysyväksi kuormaksi. Jos joku osa maata voidaan otaksua poistettavaksi rakenteen käyttöaikana, lasketaan poistamisen vaikutus muuttuvana kuormana.

Maanpaine, joka aiheutuu maan pintaan kohdistuvasta kuormasta luokitellaan samalla tavalla kuin kuorma, joka sen aiheuttaa.

Siltojen maa- ja välituet mitoitetaan vähintään lepopaineen suuruiselle maanpaineelle ja tarkistetaan myös 0,7 kertaa lepopaineen suuruiselle paineelle. Jos rakenne pakotetaan liikkumaan maata vastaan, mitoitetaan se suuremmalle maanpaineelle kuin lepopaine.

Maanpainetta on käsitelty tarkemmin ohjeessa TIEL 2172068 "Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa".

### 2.4 VEDENPINNAN ASEMAN HUOMIOONOTTAMINEN

Vedenpinnan raja-arvoina käytetään alivedenpintaa (NW) ja ylivedenpintaa (HW). Vedenpaine ja veden aiheuttama noste voidaan käsitellä pysyvänä kuormana alivedenpinnan NW-tasolla ja HW-tason ja NW-tason väliseltä osalta muuttuvana kuormana, joka otetaan huomioon koko arvolla kuormia yhdistettäessä.

### 2.5 BETONIN KUTISTUMINEN JA VIRUMINEN

Betonin kutistuminen ja viruminen voidaan yleensä ottaa huomioon suunnittelussa loppuarvolla. Tilanne, jossa vain osa kutistumisesta ja virumisesta on tapahtunut, tutkitaan tarvittaessa. Liikennekuorman kuormittaessa rakennetta voidaan otaksua vähintään 50 % kutistumasta ja virumasta tapahtuneeksi.

Kuormayhdistelyissä kutistuminen ja viruminen otetaan huomioon pysyvänä kuormana.

Betonin kutistuman ja viruman arvot lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen B4 Betonirakenteet mukaan.

Ulkoilmassa sijaitseville rakenteille loppukutistuman perusarvona käytetään arvoa  $\epsilon_{\text{CSO}} = 0,25 \cdot 10^{-3}$  ja virumaluvun perusarvona käytetään arvoa  $\phi_0 = 2$ .

## 2.6 JÄNNEVOIMA

Jännevoiman vaikutus lasketaan välittömästi jännittämisen jälkeen hetkellä  $t = 0$  ja kaikkien häviöiden tapahduttua hetkellä  $t = \infty$ . Tarvittaessa tarkastellaan jännevoiman vaikutus ajanhetkellä  $t = t_1$ , jolloin silta kuormitetaan ja vasta osa häviöistä on tapahtunut.

Jännevoiman kitka- ja jännityshäviöt lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen B4 Betonirakenteet mukaan.

## 3 MUUTTUVAT KUORMAT

### 3.1 AJONEUVOLIIKENTEEEN SILLAN LIIKENNEKUORMA

#### 3.11 Pystysuorat kuormat

##### 3.111 Ajorata ja piennar

Ajoneuvokuorma sysäyksistä aiheutuva lisäys mukaanluettuna, määritetään käyttäen kuormakaavioita 1, 2 ja 3. Rakenteen jokainen osa mitoite-taan sille kaavioille, joka antaa määräävän vaikutuksen.

Kuormakaavioiden 1 ja 2 oletetaan kuormittavan sillan pituussuuntaista pintaa, kuormakaistaa, jonka leveys on 3,0 m. Kuormakaistojen lukumäärä ja sijoitus sillan poikkisuunnassa valitaan siten, että saavutetaan määräävä vaikutus.

Kuormakaistojen lukumäärä on enintään se määrä, mikä mahtuu alueelle, minne ajoneuvoilla on pääsy (ajorata ja pientareet ks kuva 2).

Eryistapauksissa (esim. ajorampit tienristeyksien läheisyydessä, leveät yksiajokaistaisten teiden sillat jne.) määritetään kuormakaistojen lukumäärä erikseen.

Eryyisen raskaiden ajoneuvojen aiheuttama kuorma määritetään käyttämäl-lä lisäksi kuormakaaviota, raskas erikoiskuorma, jonka ei oleteta esiintyvän samanaikaisesti kuormakaavioiden 1, 2 tai 3 kanssa.

Kaksiajorataisella sillalla voidaan kuitenkin raskaan erikoiskuorman otaksua kuormittavan toista ajorataa samanaikaisesti kun kuormakaavio 1 kuormit-taa toista ajorataa.

### Kuormakaavio 1

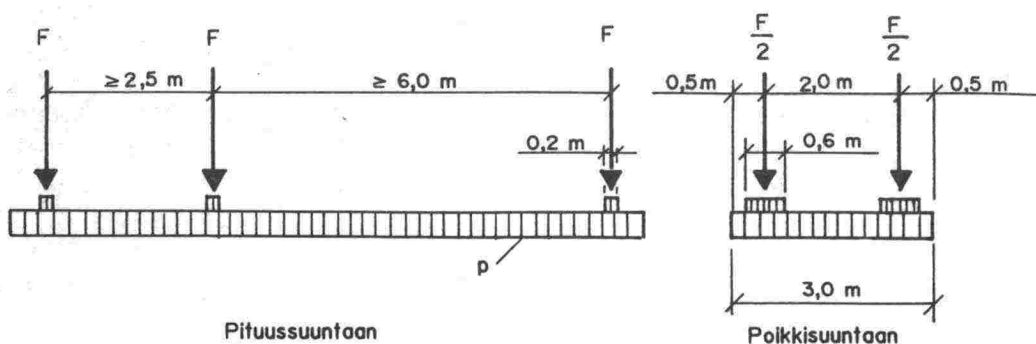
Kuormakaavio 1 käsittää tasaisesti kuormakaistan leveydelle jakautuneen kuorman  $p$  ja kolmen akselin  $F$  muodostaman akseliryhmän, jonka akselivälit ovat  $\geq 2,5$  m ja  $\geq 6,0$  m.

Akselikuorman  $F$  ja nauhakuorman  $p$  suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka	I	II
Akselikuorma $F$ (kN)	210	160
Nauhakuorma $p$ (kN/m)	9	6

Akselikuormiin sisältyy yleensä sysäyksistä johtuva lisäys. Pääkannattajien uloketta kuormittavan akseliryhmän yhdessä akselissa otetaan kuitenkin huomioon sysäyksistä aiheutuva lisäys, jonka suuruus on 40 %.

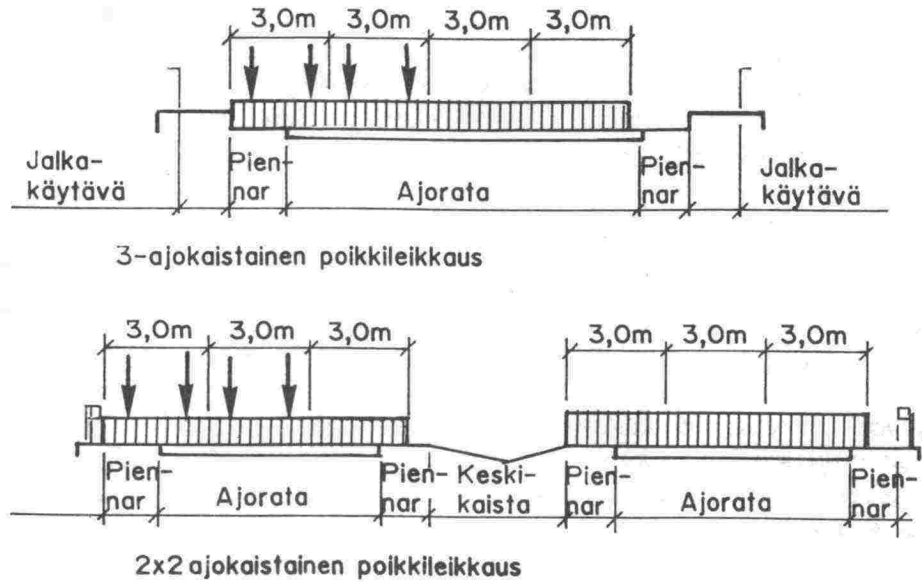
Akselikuormat muodostuvat kahdesta pyöräkuormasta, joiden keskiöväli on 2,0 m. Pyöräkuorman suorakaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,6 m kohtisuoraan tätä vastaan. Pyöräkuormat sijaitsevat keskeisesti kuormakaistassa (kuva 1).



Kuva 1. Kuormakaavio 1

Akseliryhmällä kuormitetaan enintään kaksi kuormakaistaa. Kullekin kuormakaistalle sijoitetaan vain yksi kolmen akselin kuormaryhmä.

Kuormakaistat sijoitetaan määrävään asemaan sillan poikkisuunnassa koko ajoradan leveydelle (mukaanluettuina pientareet ja muut pinnat ajoradan tasossa). Ne osat tästä alueesta, jotka jäävät kuormakaistojen ulkopuolelle (leveys  $< 3$  m), jätetään kuormittamatta. Esimerkkejä kuormakaistojen sijoituksesta esitetään kuvassa 2. Kuormakaavio sijoitetaan sillan pituussuunnassa siten, että saadaan epäedullisin kuormavaikutus.



Kuva 2. Esimerkki kuormakaistojen sijoituksesta

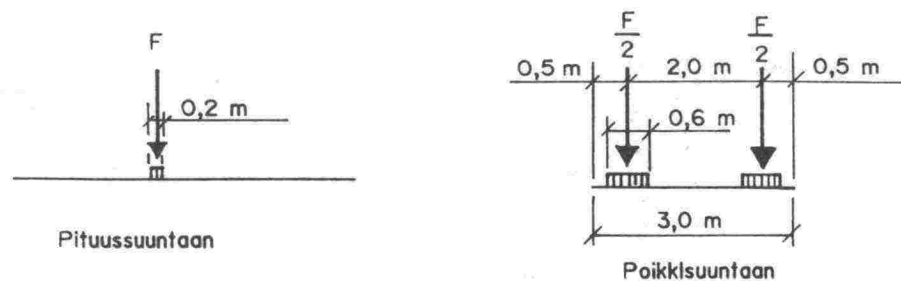
### Kuormakaavio 2

Kuormakaavio 2 käsittää yhden akselikuorman  $F$ , jonka muodostaa kaksi pyöräkuormaa, joiden keskiöväli on 2,0 m.

Akselikuorman  $F$  suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka	I	II
Akselikuorma $F$ (kN)	260	200

Pyöräkuorman suorakaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,6 m kohtisuoraan tätä vastaan. Pyöräkuormat sijaitsevat keskeisesti kuormakaistassa (kuva 3).



Kuva 3. Kuormakaavio 2

Akselikuormalla kuormitetaan enintään kaksi kuormakaistaa.

Akselikuorma sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saadaan epäedullisin kuormavaikutus.

### Kuormakaavio 3

Kuormakaavio 3 muodostuu yhdestä pyöräkuormasta, jonka suuruus ja kosketuspinnan ala on sama kuin pyöräkuormalla kuormakaavio 2:ssa. Pyöräkuorma sijoitetaan mielivaltaisesti sillan poikkisuunnassa. Kosketuspinnan pienin keskiöetäisyys kaiteeseen tai muuhun esteeseen on 0,5 m.

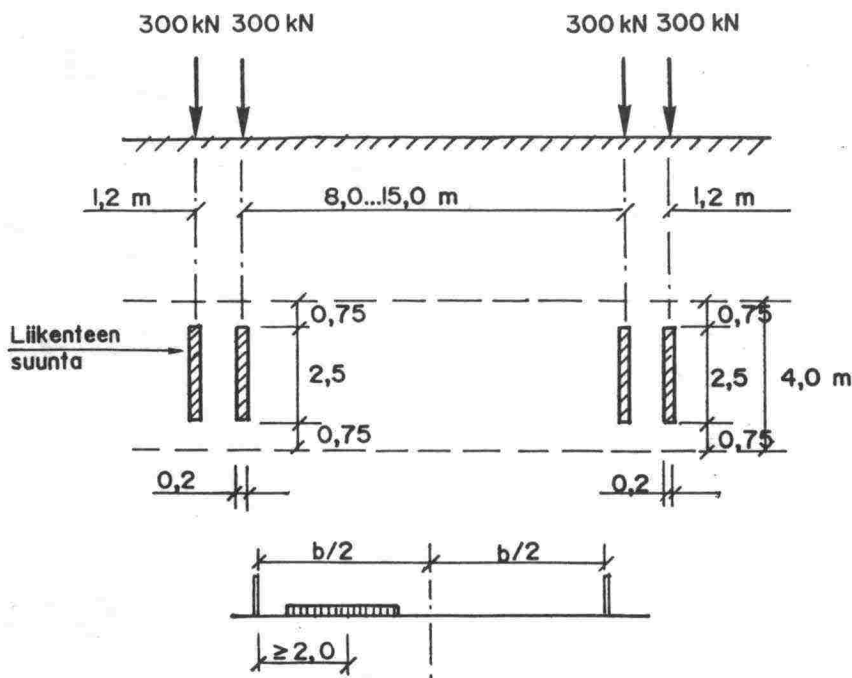
### Raskas erikoiskuorma

Raskas erikoiskuorma on kuvissa 4 (kuormaluokka I) ja 5 (kuormaluokka II) esitetyn kaavion mukainen ajoneuvo, jonka kokonaisleveys on 4 m ja jonka akselistot muodostuvat kahdesta akselistasta (teli).

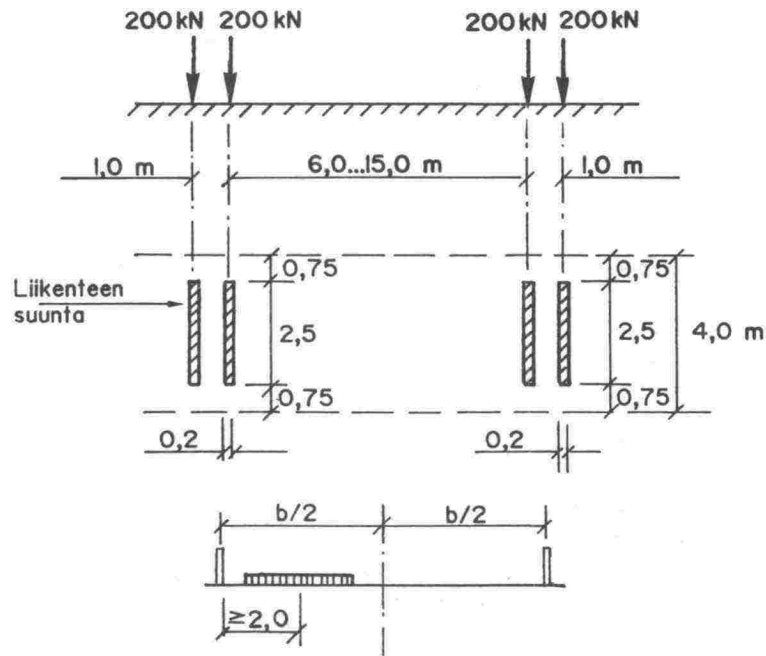
Ajoneuvon otaksutaan kulkevan siten, että sen keskilinjän etäisyys ajoradan reunasta (sillan kaiteesta) on  $\geq 2,0$  m.

Sysäyksistä ja tärinästä johtuva pystysuora lisäkuorma otetaan huomioon raskaan erikoiskuorman lisäyksenä seuraavasti:

- rakennetta välittömästi tai enintään 0,5 m paksun täytekerroksen välityksellä kuormitettaessa on sysäyksen suuruus 40 %.
- rakennetta 0,5...3,0 m paksun täytekerroksen välityksellä kuormitettaessa on sysäyksen suuruus 40...0 % suoraviivaisesti interpoloiden.
- puusilloissa sysäyksiä on aina 20 %
- pääkannattajan uloketta kuormittavan kaavion yhdessä akselissa 100 % ja muissa 40 %.



Kuva 4. Raskas erikoiskuorma 1 kuormaluokassa I (ilman sysäyksiä)



Kuva 5. Raskas erikoiskuorma 2 kuormaluokassa II (ilman sýsäyslisiä)

### 3.112 Jalkakäytävä ja pyörätie

Ajoneuvoliikenteen kuormittamalla sillalla välittömästi ajorataan liittyvä jalkakäytävä tai pyörätie suunnitellaan yleensä kohdan 3.111 mukaisilla kuormilla, jolloin varaudutaan siihen, että ne otetaan myöhemmin ajoneuvoliikenteen käyttöön. Jos jalkakäytävän tai pyörätien ottaminen ajoneuvoliikenteen käyttöön on epätodennäköistä tai mahdotonta esim. sillan rakenteesta johtuen, mitoitetaan ne kohdan 3.21 mukaiselle kuormalle ja tarkistetaan niiden mitoitus myös kuormakaavio 2:lla tai 3:lla. Kuormakaavio 2 tai 3 ovat tällöin onnettomuuskuormia. Kun kohdan 3.21 mukainen kuorma vaikuttaa yhdessä kohdan 3.111 mukaisen ajoradan kuorman kanssa, voidaan toinen niistä ottaa huomioon puolella arvolla.

### 3.113 Keskikaista ja vastaavat alueet

Keskikaista ja muu sillan pinta, jota ei voida pitää ajoratana, pientareena, jalkakäytävänä tai pyörätienä kuormitetaan kuten jalkakäytävä, elleivät erityiset olosuhteet anna aihetta toisenlaiseen kuormaan.

### 3.114 Pystysuora liikennekuorma tiepenkereellä

Pystysuoran liikennekuorman vaikutus maassa olevaan rakenteeseen (pengerlaatta, paaluhattu) voidaan arvioida otaksumalla paineen maassa jaukautuvan kaltevuudessa 2:1.



Kun rakenteen syvyys maanpinnasta on  $\geq 1,5$  m voidaan pystysuora liikennekuorma ottaa huomioon tasaisena pintakuormana  $q$ , jonka suuruus on seuraava kuormaluokissa I ja II ja kevyen liikenteen tien penkereellä.

Pengermassan korkeus $z$ (m)	LkI	$q$ (kN/m <sup>2</sup> )	
		LkII	KIk
1,5	30	22	10
2	25	18	9
3	20	15	7
4	16	12	5
$\geq 5$	15	11	5

Laskettaessa liikennekuorman aiheuttamaa maanpainetta voidaan pystysuoran liikennekuorman arvoksi penkereellä sillan takana otaksua kuormaluokassa I 20 kN/m<sup>2</sup> ja kuormaluokassa II 15 kN/m<sup>2</sup> ja kevyen liikenteen tien penkereellä 5 kN/m<sup>2</sup>. Kuorma vaikuttaa koko sillan hyödyllisellä leveydellä. Paikalliset vaikutukset pyöräkuorman läheisyydessä selvitetään erikseen, jos niillä on vaikutusta rakenteen mitoitukseen.

### 3.115 Pystysuora kuorma vaihtorasitustarkasteluissa

Pystysuoran liikennekuorman vaihtorasitustarkasteluissa käytettävä osuus määritellään materiaaliyhjeissa.

## 3.12 Vaakasuorat kuormat

### 3.121 Jarrukuorma

Ajoneuvon jarrutuksen ja kiihdytyksen aiheuttaman vaakasuoran kuorman (jarrukuorman) suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka	Jarrukuorma $P$ (kN)	
	I	II
Siltapituus $L \leq 10$ m	200	150
Siltapituus $L \geq 40$ m	500	375

Kun siltapituus on välillä 10 m ... 40 m, määritetään  $P$  suoraviivaisesti interpoloimalla.

Jarrukuorman oletetaan vaikuttavan tien pituussuunnassa ajoradan tasossa ja sen voidaan olettaa jakaantuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle.

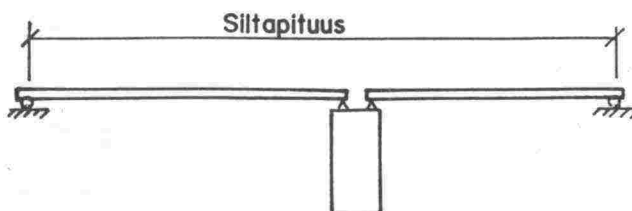
Jarrukuorman kanssa samanaikaisesti otaksutaan siltaa kuormitettavan kuormakaavion 1 nauhakuorman  $p$ , kuitenkin enintään 40 m:n matkalla.

Mitoitettaessa rakenteita, jotka voidaan edellyttää kuormitetuiksi vain yhdellä akselikuormalla (liikuntasaumalaitteet jne.) jarrukuorma  $P$  oletetaan jaetuksi kahdeksi osakuormaksi, joiden suuruus on  $P/2$  ja keskiöetäisyys 2,0 m ja joiden jakautuminen sivusuunnassa vastaan samanaikaisesti vaikuttavan kuormakaavio 2:n pyöräkuorman jakautumista.

Määriteltäessä jarrukuormaa tarkoitetaan siltapituudella todellista yhtenäisen sillan osan pituutta, ts. pituutta, joka vastaa etäisyyttä kahden sellaisen ylimenolaitteen välillä, jotka eivät siirrä vaakakuormia.

Rakenteet, jotka voidaan kuormittaa kahdesta tai useammasta sillan osasta aiheutuvalla jarrukuormalla, mitoitetaan yhdelle jarrukuormalle  $P$  riippuen siltapituudesta, joka määritetään siinä tapauksessa niiden periaatteiden mukaan, jotka on selvitetty edellä.

Esimerkkinä niistä on kuva 6, joka esittää kahdelle sillan osalle yhteistä pilaria kiinteine laakereineen. Määritettäessä pilarille jarrukuormaa käytetään siltapituutena yksittäisten sillan osien pituuksien summaa.



Kuva 6.

Tiepenkereestä voi kohdistua maatuen yläreunaan jarrukuorma, jonka suuruus on kuormaluokassa I 200 kN ja kuormaluokassa II 150 kN. Tämän kuorman ei otaksuta vaikuttavan samanaikaisesti sillalta tulevan jarrukuorman kanssa.

### 3.122 Sivukuorma

Ajoneuvon vinoon tapahtuvan tai epäsymmetrisen jarrutuksen, sivusyäkseen tms aiheuttaman vaakasuoran kuorman (sivukuorman)  $P$  suuruus on 25 % kohdassa 3.121 määritellystä jarrukuormasta.

Sivukuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa sillan mielivaltaisessa kohdassa kohtisuoraan tien pituussuuntaan vastaan.

### 3.123 Keskipakokuorma

Ajoneuvojen aiheuttaman vaakasuoran keskipakokuorman  $P_c$  oletetaan esiintyvän samanaikaisesti kuormakaavion 1 kanssa.

Keskipakokuorman suuruus on  $P_c = \frac{40}{R} V$ , kuitenkin enintään

$0,2 V$ , missä  $R$  on vaakasuoran kaartein säde (m) ja  $V$  on kuormaryhmästä ja tasaisesti jakautuneesta kuormasta aiheutuvat pystysuorat kuormat.

Keskipakokuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa.

Keskipakokuormaa ei tarvitse ottaa huomioon, kun  $R > 1500$  m.

### 3.13 Törmäyskuormat

Törmäyskuormat määritetään kohdan 3.8 mukaan.

## 3.2 KEVYEN LIIKENTEEN SILLAN LIIKENNEKUORMA

### 3.2.1 Pystysuorat kuormat

Jalankulku- ja polkupyöräliikenteen sekä kunnossapidosta aiheutuvan huoltoliikenteen aiheuttamat kuormat sysäyksistä johtuva lisäys mukaanluettuina määritetään käyttäen kuormakaaviota 1 ja 2. Kuormakaaviot 1 ja 2 ovat vaihtoehtoisia.

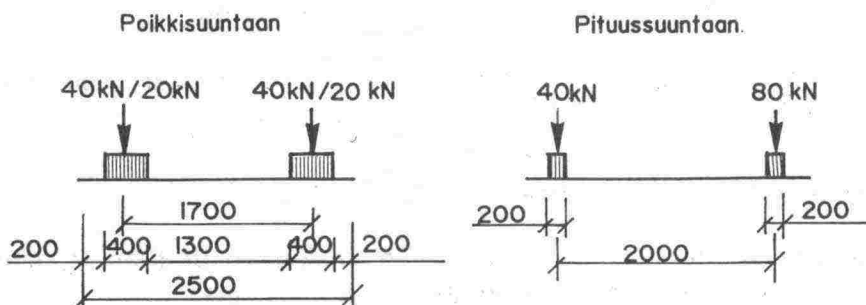
Rakenteen jokainen osa mitoitetaan sille kaavioille, joka antaa määrävän vaikutuksen.

#### Kuormakaavio 1

Tasainen pintakuorma, jonka suuruus on  $4 \text{ kN/m}^2$ , on liikkuva kuorma ja se sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saavutetaan määrävä vaikutus.

#### Kuormakaavio 2

Kuormakaavio 2 on telikuorma, joka muodostuu kahdesta akselikuormasta, joiden suuruus on 40 ja 80 kN. Akselien väli on 2,0 m ja pyörien keskiöväli 1,7 m. Pyörän suorakaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,4 m kohtisuorassa tätä vastaan (kuva 7).



Kuva 7. Kuormakaavio 2

Kuormakaavio 2 sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saavutetaan määräävä vaikutus. Kosketuspinnan pienin keskiöetäisyys kaiteeseen tai muuhun esteeseen on 0,4 m.

Jos sillan hyötyleveys on pienempi kuin 2,5 m tai jos sillan keskiosa ei muusta syystä tule kuormitetuksi kuormakaaviolla 2, sijoitetaan sillalle pyöräkuorma 20 kN, jonka kosketuspinnan ala on 0,2 m \* 0,2 m. Jos sillan päissä on portaat siten, että sillalle ajaminen on mahdotonta, voidaan käyttää 20 kN:n kuormaa mitoituskuormana myös silloille, joiden hyötyleveys on suurempi kuin 2,5 m. Pyöräkuorma voi sijaita missä tahansa sillalla, ei kuitenkaan 0,4 m lähempänä kaidetta tai muuta estettä. Pystysuoran liikennekuorman vaihtorasitustarkasteluissa käytettävä osuus määritellään siltakohtaisesti siltaa käyttävän ajoneuvoliikenteen perusteella.

Jos siltaa kuormittavat kevyen liikenteen lisäksi ainoastaan huoltoajoneuvot, voidaan vaihtorasitustarkasteluissa käyttää kuormakaaviota 2 ja otaksua sen ylitysmääräksi  $5 * 10^5$ .

### 3.22 Vaakasuorat kuormat

#### 3.221 Kuorma sillan pituussuunnassa

Ajoneuvon jarrutuksen tai kiihdytyksen aiheuttaman tai muun sillan pituussuuntaisen, vaakasuoran kuorman P suuruus on

- 50 kN, kun sillan hyötyleveys  $\geq 2,5$  m
- 20 kN, kun sillan hyötyleveys  $< 2,5$  m tai kun sillalle ajaminen on mahdotonta portaiden tai muun syyn takia.

Vaakakuorman oletetaan vaikuttavan tien pituussuunnassa ajoradan tasossa ja sen voidaan olettaa jakautuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle. Mitoitettaessa yksittäisiä rakenneosia esim. liikuntasauimalaitteita, voidaan vaakakuorma jakaa kahdeksi erilliseksi yhtä suureksi osakuormaksi, joiden keskiöetäisyys on 1,7 m.

#### 3.222 Sivukuorma

Sivukuorman suuruus on 25 % kohdassa 3.221 määritellystä vaakakuormasta. Sivukuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa, sillan mielivaltaisessa kohdassa, kohtisuoraan tien pituussuuntaa vastaan.

### 3.23 Törmäyskuorma

Jos on olemassa ajoneuvon törmäysvaara, mitoitetaan sillan rakenteet kohdassa 3.81 määritellylle törmäyskuormalle.

### 3.3 LIIKENNEKUORMAN AIHEUTTAMA MAANPAINE

Liikennekuorman aiheuttama maanpaine voidaan yleensä koko rakennetta koskevissa tarkasteluissa laskea käyttäen kohdassa 3.114 esitettyjä pintakuorman arvoja.

Tarkasteltaessa liikennekuorman paikallisia vaikutuksia, selvitetään tarvittaessa pyöräkuormien jakautumista tarkemmin.

### 3.4 LAAKERIKITKA

Liikkuvan laakerin kitka määritetään valmistajan suositusten mukaisesti ottaen huomioon materiaaliominaisuuksien ajasta riippuvat muutokset sekä laakerin mahdollinen likaantuminen ja syöpyminen. Riittävien tietojen puuttuessa määritetään kitkavoima kokeilla.

Teräksisten rullalaakerien laakerikitkan otaksutaan olevan 6 % pysyvän kuorman tukireaktiosta. Liukulaakereissa, joissa kitkapinnat ovat polytetrafluoretyleniä (PTFE), laakerikitka vaihtelee riippuen mm. lämpötilasta ja pintapaineesta. Ellei tarkempia selvityksiä ole käytettävissä kitkan voidaan otaksua olevan niissä 6 % pysyvän kuorman tukireaktiosta kun keskimääräinen pintapaine laakerissa on  $20 \text{ MN/m}^2$  ja 10 % kun pintapaine on  $10 \text{ MN/m}^2$ . Väliarvot saadaan interpoloimalla suoraviivaisesti.

Kumilevylaakerin sivuvastus määritetään ohjeen "Kumilevylaakerien suunnittelu, TVH 722044" mukaan.

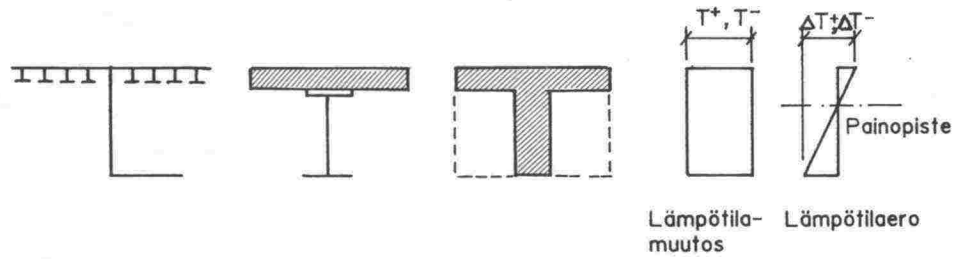
### 3.5 LÄMPÖTILAN MUUTOS JA EPÄTASAINEN LÄMPÖTILA

Rakenteen ylin ja alin keskilämpötila  $T^+$  ja  $T^-$  voidaan arvioida taulukon 1 avulla. (Arvot  $T^+$  ja  $T^-$  ovat luonteeltaan ääriarvoja ja soveltuvat sellaiseen liikevarojen mitoittamiseen).

Rakenteen ylä- ja alapinnan välinen lämpötilaero  $\Delta T^+$  ja  $\Delta T^-$  voidaan arvioida kuvan 8 ja taulukon 1 avulla. Lämpötilaeron voidaan yleensä olettaa jakautuvan suoraviivaisesti. Liittopalkkisilloissa otaksutaan vaihtoehtoisesti hyppäyksellinen ero  $+5^\circ\text{C}$  tai  $-5^\circ\text{C}$  betonilaatan ja teräspalkin välillä. Rakenteissa, joissa lämpötilaerolla on suuri merkitys verrattuna muihin kuormiin, arvioidaan lämpötilaeron jakautuminen tarkemmin.

Teräsosista ja betonista kootussa rakenteessa, kuten betonikaareissa, jossa on teräksinen vetotanko, otaksutaan lämpötilaeroksi osien välillä  $20^\circ\text{C}$ .

Betonisessa rakenneosassa, kuten kotelopalkin seinässä, otaksutaan lämpötilaeroksi sisä- ja ulkopintojen välillä  $5^\circ\text{C}$ .



Kuva 8. Lämpötilaero  $\Delta T^+$  ja  $\Delta T^-$

Taulukko 1. Rakenteen keskilämpötila ja lämpötilaero

Rakennetyyppi (Pääkannattimet)	Rakenteen ylin ja alin keskilämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ )		Lämpötila ero ( $^{\circ}\text{C}$ ) (positiivisen lämpötilan ollessa korkeampi yläreunassa)	
	$T^+$	$T^-$ Alue 1 Alue 2	$\Delta T^+$	$\Delta T^-$
Teräskantinen teräksinen kotelo-palkki tai I-palkki	+ 45	-35 -40	+ 20	-5
Betonikantinen teräksinen kotelo-palkki tai I-palkki	+ 35	-30 -35	+ 10	-5
Betoninen laatta-palkki tai kotelo-palkki Betonilaatta	+ 25	-25 -30	+ 10	-5

Alue 1: Linjan Oulu-Kuopio-Lappeenranta länsipuoli

Alue 2: Edellä mainitun linjan itäpuoli

### 3.6 TUULIKUORMA

Silloille, joiden korkeus ympäröivästä maanpinnasta tai vedenpinnasta on korkeintaan 30 m, käytetään seuraavia yksinkertaistettuja sääntöjä. Tuulikuormaksi otaksutaan  $w = 1,6 \text{ kN/m}^2$  10 metrin korkeuteen asti ja  $w = 2,0 \text{ kN/m}^2$  30 metrin korkeudella ympäröivästä maan- tai vedenpinnasta. Tuulikuormat tältä väliltä olevalla korkeudella saadaan suoraviivaisesti interpoloimalla.

Toistuviin peräkkäisiin rakenteisiin voidaan otaksua kohdistuvan tuulikuorman, jonka suuruus on

$0,5 * w$ , kun suojaavan rakenteen eheyssuhde on  $m \geq 0,6$   
 $1,0 * w$ , kun suojaavan rakenteen eheyssuhde on  $m \leq 0,1$ .

Väliarvot saadaan interpoloimalla suoraviivaisesti.

Eheyssuhde  $m = \frac{A_c}{A_u}$ , jossa  $A_c$  = rakenteen projektiopinta-ala ja  $A_u$  = rakenteen ääriviivojen sisäpuolelle jäävä pinta-ala.

Siltaan, jolla on ajoneuvoja, otaksutaan vaikuttavan 50 % edellä mainituista arvoista. Ajoneuvojen otaksutaan vastaavan suorakaiteen muotoista pintaa, jonka korkeus on 2 metriä ajoradan yläpinnasta.

Jos vaarallisempi vaikutus saavutetaan, otaksutaan tuulikuorman 30 %:lla vähennettynä vaikuttavan suuruutensa ja sijaintinsa puolesta mielivaltaisesti valittuihin pintoihin.

Tuulikuorman otaksutaan pääsääntöisesti vaikuttavan kohtisuoraan pintaa vastaan.

Erikoisrakenteisissa silloissa kuten riippu- ja vinoköysisilloissa määritetään tuulikuorma tapauskohtaisesti.

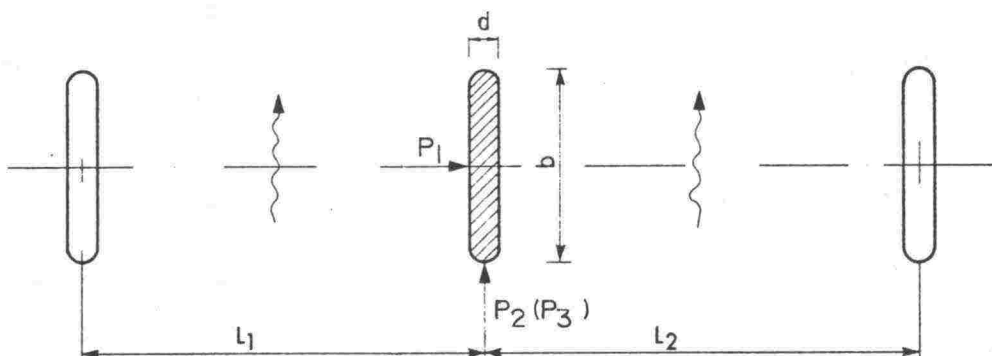
### 3.7 JÄÄKUORMA

Siltarakenne mitoitetaan jääkuormalle ottamalla huomioon paikalliset olosuhteet ja rakenteen muotoilu. Tavallisessa jokien jääolosuhteissa siltojen jääkuormat voidaan määrittää seuraavassa esitetyllä tavalla. Näitä arvoja pienempiä arvoja voidaan käyttää helpoissa olosuhteissa, esim. jos siltapilarit ovat joka puolelta jääpeitteen ympäröimiä ja jää sulaa paikoilleen. Erittäin vaikeissa olosuhteissa käytetään suurempia jääkuorman arvoja.

Rakenteisiin kohdistuvien jääkuormien oletetaan vaikuttavan vedenpinnan tasossa vaakasuorassa suunnassa.

Siltapilariin kohdistuu jääkuorma  $P_1$ , joka aiheutuu ensisijaisesti pysyvän jääpeitteen lämpötilan muutoksesta, ja jääkuorma  $P_2$ , joka aiheutuu virran paineesta kiinteään jääpeitteeseen. Kuorman  $P_1$ , otaksutaan vaikuttavan kohtisuoraan pilarin sivupintaa vastaan ja kuorman  $P_2$  virran suunnassa. (Kuva 9)

Jääkuormien  $P_1$  ja  $P_2$  ei oleteta vaikuttavan samanaikaisesti.



Kuva 9. Jääkuorma

Jääkuorman  $P_1$  suuruus määritetään kaavasta

$$P_1 = b \cdot i_1$$

jossa

$b$  = siltapilarin leveys

$i_1$  = 100 kN/m linjan Kemi-Kajaani eteläpuolella  
150 kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella

Jos pilarin molemmin puolin on kiinteä jäänpeite  $P$ :n arvoa voidaan pienentää.

Jos vesistön rannat siltapaikan alueella ovat niin jyrkät, että jääkenttä saa täyden tuen vastareunaltaan, (esim. kallioranta 1:1 tai jyrkempi) kerrotaan jääkuorman  $P_1$  arvo kertoimella 1,5.

Jääkuorman  $P_2$  suuruus määritetään kaavasta

$$P_2 = 0,5(l_1 + l_2) i_2$$

jossa

$l_1$  ja  $l_2$  ovat etäisyydet tarkasteltavalta pilarilta viereisiin pilareihin

$i_2$  = 20 kN/m linja Kemi-Kajaani eteläpuolella  
30 kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella

Jos siltapaikan alueella esiintyy liikkuvaa jäätä, tarkistetaan siltapilarit lisäksi virran suunnassa vaikuttavalle kuormalle  $P_3$ , joka määritetään kaavasta

$$P_3 = 1000 \cdot h \cdot d \text{ (kN)}$$

jossa

$h$  = jään paksuus tarkasteltavassa kohdassa (m)

Jään paksuudeksi ei kuitenkaan oleteta enempää kuin 1,0 m

$d$  = siltapilarin paksuus (m)



Rakenteeseen tarttuva jää aiheuttaa vedenpinnan korkeuden vaihdellessa näille pystysuoria kuormia. Kuormien suuruus arvioidaan tapauskohtaisesti.

### 3.8 TÖRMÄYSKUORMA

#### 3.81 Ajoneuvoliikenteen törmäys

##### 3.811 Törmäys alusrakenteisiin

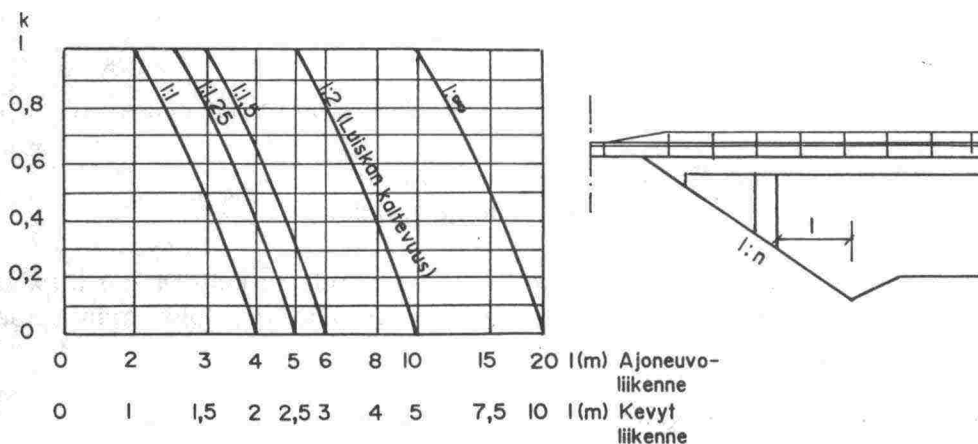
Jos on olemassa raskaan ajoneuvon törmäysvaara sillan alusrakenteisiin, otetaan törmäyksestä aiheutuva kuorma huomioon mitoittamalla rakenteet staattiselle vaakasuoralle törmäyskuormalle. Kuorman suuruus tien pituus-suunnassa 1000 kN ja kohtisuoraan tätä vastaan 500 kN ajoneuvoliikenteen teillä ja 150 kN kevyen liikenteen teillä. Kuormien otaksutaan vaikuttavan 1 m:n korkeudella ajoradan pinnasta, eikä niiden otaksuta vaikuttavan samanaikaisesti.

Törmäysvaaraa ei katsota olevan

- ajoneuvoliikenteen tiellä, kun rakennetta suojaa korkea sillankaide
- kevyen liikenteen tiellä, kun rakennetta suojaa tiekaide

Jos rakennetta suojaa tiekaide ajoneuvoliikenteen tiellä, voidaan törmäyskuorma ottaa huomioon puolella arvolla.

Sillan alusrakenteen sijaitessa kaukana ajoradan reunasta tai ylöspäin viettävässä luiskassa, voidaan törmäyskuormaa pienentää kertomalla kohdassa 3.811 mainitut arvot kertoimella  $k$ , jonka suuruus saadaan kuvasta 10.



Kuva 10. Törmäyskuorman pienennyskerroin  $k$ .

Mitta  $l$  on sillan alusrakenteen kohtisuora etäisyys luiskan juuresta tai maanpinnan ollessa vaakasuora, pientareen ulkoreunasta.

Harkittaessa törmäyskuorman pienentämistä otetaan huomioon myös myöhemmin tehtävät mahdolliset ajoneuvoliikenteen järjestelyt.

### 3.812 Törmäys päällysrakenteeseen

Sillan päällysrakenne, joka sijaitsee vähemmän kuin 1 m alitse kulkevalle tielle määritellyn vapaan korkeuden yläpuolella, mitoitetaan tapauskohtaisen harkinnan perusteella törmäyskuormalle, jonka suuruus on 300 kN ajoneuvoliikenteen tiellä ja 45 kN kevyen liikenteen tiellä.

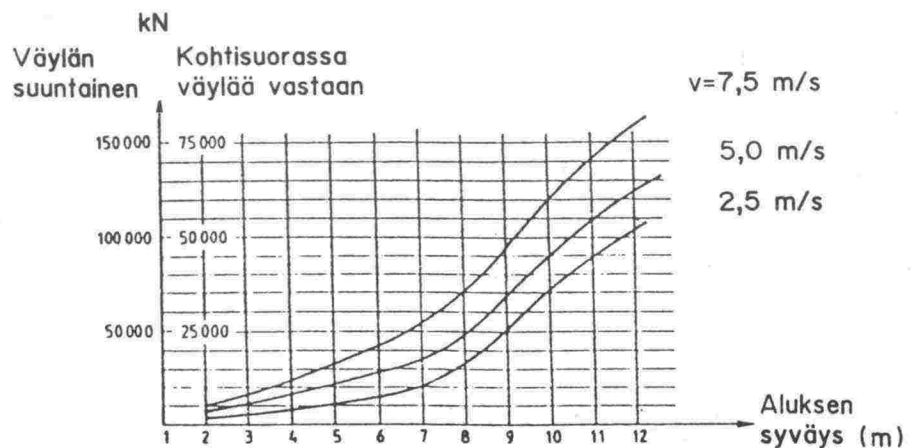
Päällysrakenteeseen kohdistuva törmäysvaara voidaan poistaa rakenteellisilla esteillä.

### 3.82 Aluksen törmäys

Jos on olemassa vaara, että alus törmää siltapilariin, mitoitetaan pilari törmäykselle.

Törmäyskuorman suuruus riippuu aluksen muodosta ja koosta, kuormasta, nopeudesta, törmäyssuunnasta sekä siltarakenteen massasta ja joustavuudesta.

Törmäyskuormien oletetaan vaikuttavan vedenpinnan tasossa joko pilarin pituus- tai poikkisuuntaan. Törmäyskuorman suuruus määritetään kuvan 11 mukaan. Mitoitusaluksena käytetään suurinta alusta, joka voi käyttää väylää.



Kuva 11. Törmäyskuorman suuruus aluksen törmätessä siltapilariin

Aluksen törmäysvaaraa siltapilariin voidaan vähentää laivajohteilla, jotka mitoitetaan väylää käyttäville aluksille.

### 3.9 TUKIEN SIIRTYMINEN

Jos pääty- ja välituet perustetaan siten, että on odotettavissa perustusten painumia, arvioidaan painumaerot geoteknisten laskelmien perusteella. Kalliolle perustetut tuet oletetaan painumattomiksi. Maanvaraisten tukien painumaeroksi oletetaan aina vähintään 10 mm.

Maanpaineen tai muiden vaakasuorien kuormien rasittamien maanvaraisten perustusten siirtymät arvioidaan erikseen. Kalliolle perustetut tuet oletetaan vaakasuunnassa siirtymättömiksi. Maanvaraisten maatukien siirtymän vaakasuorassa suunnassa oletetaan olevan aina vähintään 10 mm.

### 3.10 AVATTAVAA SILTAA KOSKEVAT ERITYISOHJEET

#### Sysäykset

Siltaa avattaessa ja suljettaessa esiintyvistä epätasaisesta liikkeestä aiheutuvan sysäyksen suuruudeksi otaksutaan kentittäin 10 % rakenteen painosta. Sysäyksen oletetaan vaikuttavan tukirakenteisiin saman suuruisena, mutta vastakkaisuuntaisena. Onnettomuuskuormana otetaan huomioon käyttöhäiriöistä aiheutuvat törmäykset puskureihin. Käyttöhäiriöstä johtuen määrätyillä siltatyypeillä saattaa siltaa avattaessa tai suljettaessa esiintyä tilanteita, joissa sillan jarrutus ei toimi, jolloin silta voi kulkea täydellä nopeudella kiinni- tai aukiasentoon. Esimerkiksi kääntösilloissa on silta voitava pysäyttää sellaisilla laitteilla, jotka ottavat sillan liike-energian. Laitteet on valittava siten, että törmäyksessä syntyvien voimien vaikuttaessa sillalla on riittävä varmuus murtoon ja vakavuuden menetykseen nähden.

#### Tuulikuorma

Avatun sillan tuulikuormaksi oletetaan  $1,0 \text{ kN/m}^2$ . Koneistoja mitoitettaessa oletetaan tuulikuormaksi  $0,50 \text{ kN/m}^2$ , jolla kuormalla silta on voitava avata. Koneiston on pidettävä silta paikoillaan tuulikuorman arvolla  $1,0 \text{ kN/m}^2$ .

#### Lumikuorma

Lumikuorman suuruudeksi oletetaan kentittäin läppäsilloissa  $0,25 \text{ kN/m}^2$  ja kääntösilloissa  $0,15 \text{ kN/m}^2$ .

#### Päällysteen kuluminen

Läppäsiltoihin rakennetaan sillan tasapainon säätö esim. rakenteeseen sijoitetuilla irtopainoilla. Säätömahdollisuus mitoitetaan vastaamaan sillan kulumisen ja uudelleen päällystämisen vaikutusta. Laskelmissa käytetään seuraavia arvoja:

- päällysteen kuluminen  $0,15 \text{ kN/m}^2$
- päällysteen painon lisäys  $0,10 \text{ kN/m}^2$

## 4 KUORMIEN YHDISTELY

### 4.1 YLEISTÄ

Useiden kuormien vaikuttaessa samanaikaisesti on kuormayhdistelmät ja varmuuskertoimet sekä kuormien sijoittelu valittava siten, että eri rakenteille ja rakenneosille tulee suurimmat mahdolliset vaikutukset.

Kuormat, jotka ovat suoranaisesti riippuvaisia toisistaan ja usein esiintyvät samanaikaisesti maksimiarvolla kun ne esiintyvät, lasketaan yhdistelyssä yhdeksi kuormaksi.

Kuormia, jotka sulkevat pois toisensa, ei oteta mukaan samaan kuormayhdistelmään.

Pystysuoran liikennekuorman kaaviot 1, 2 tai 3 sekä raskas erikoiskuorma ovat vaihtoehtoisia kuormia, joiden ei otaksuta esiintyvän samanaikaisesti.

Pystysuora liikennekuorma voi esiintyä sillan kannella samanaikaisesti kuin liikennekuorma tiepenkereellä.

Pystysuora liikennekuorma voi esiintyä kuormayhdistelmissä ilman liikenteestä aiheutuvia vaakasuoria kuormia tai yhdessä niiden kanssa. Yhdistelyissä vaakasuorat kuormat kuuluvat ryhmään "Muu muuttuva kuorma".

Yleensä liikenteestä aiheutuva vaakasuora kuorma ei vaikuta ilman samanaikaisesti esiintyvää pystysuoraa liikennekuormaa. Ne eivät kuitenkaan aina kuormita samaa rakenneosaa. Esim. jarrukuorma voi välittyä kauempana sillalla olevasta ajoneuvosta tai maanpaine voi aiheutua liikenteestä, joka on maatuen peruslaatan takana eikä aiheuta maatukeen pystysuoria kuormia.

### 4.2 RAJATILAMITOITUS

Murtorajatilatarkasteluissa rakenteet mitoitetaan vaarallisimmalle kuormayhdistelmälle. Mitoituskuorma  $q_d$  määritetään kaavasta

$$q_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{qi} q_i + \gamma_{q1} q_{k1} + \gamma_{q2} q_{k2} + \sum_{i=3}^n \gamma_{qi} q_{ki} \quad (4.1)$$

Kaavan merkinnät on määritelty taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1 Kuorman osavarmuuskertoimet murtorajatilatarkasteluissa

Kuorma	Kuorman symboli	Osavarmuuskertoimen symboli	Osavarmuuskerroin
Pysyvä kuorma	$g_i$	$Y_{gi}$	1,2 tai 0,9
Pystysuora liikennekuorma	$q_{k1}$		
- kaaviot 1, 2, 3		$Y_{q1}$	1,8
- raskas erikoiskuorma		$Y_{q1}$	1,4
- kuorma tiepenkereellä		$Y_{q1}$	1,8
- kevyen liikenteen sillan liikennekuorma		$Y_{q1}$	1,8
Yksi muu muuttuva kuorma	$q_{k2}$		
- muuttuva kuorma yleensä		$Y_{q2}$	1,6
tai			
- jääkuorma		$Y_{q2}$	1,3
Muut muuttuvat kuormat	$q_{ki}$	$Y_{qi}$	0,8

Vaihtoehtoisista pysyvän kuorman osavarmuuskertoimista valitaan koko rakenteelle se, joka antaa määräävän vaikutuksen. Saman rakenteen eri osille käytetään aina samaa pysyvän kuorman osavarmuuskerrointa.

Jos kuormayhdistelmään kuuluu onnettomuuskuorma, määritetään mitoituskuorma kaavasta

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_a + \sum_{i=1}^n 0,5 q_{ki} \quad (4.2)$$

jossa

$q_a$  on onnettomuuskuorma.

Muut merkinnät ovat kaavan 4.1 mukaiset. Kuormayhdistelmään otetaan kerrallaan vain yksi onnettomuuskuorma. Kuormiin  $q_{ki}$  otetaan mukaan ne muuttuvat kuormat, joiden pitkäaikaisosuus on  $\geq 50\%$ .

Käyttörajatilatarkasteluissa mitoituskuorma  $q_d$  määritetään seuraavasti:

Pitkäaikaiset vaikutukset

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + \sum_{i=1}^n \psi_i q_{ki} \quad (4.3)$$

$\psi_i$  = muuttuvan kuorman pitkäaikaisosuus

## Lyhytaikaiset vaikutukset

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 q_{ki} \quad (4.4)$$

Kaavojen 4.3 ja 4.4 merkinnät ovat samat kuin kaavan 4.1 merkinnät. Rakenne tarkistetaan tarvittaessa erikseen pitkäaikaiselle ja lyhytaikaiselle kuormayhdistelmälle. Eri kuormien pitkäaikaisosuudet on annettu taulukossa 4.2.

Käyttörajan raja-arvot (esim. sallittu taipuma, sallittu halkeaman leveys) annetaan kyseistä rakennusainetta koskeissa kantavien rakenteiden ohjeissa.

Taulukko 4.2 Kuormien pitkäaikaisosuudet

Kuorma	Pitkäaikaisuus
Pysyvä kuorma	1
Pystysuora liikennekuorma lisineen	0 tai 0,3 <sup>1)</sup>
Jarrukuorma, sivukuorma	0
Keskipakokuorma	0 tai 0,3 <sup>1)</sup>
Liikennekuorman aiheuttama maanpaine	0 tai 0,3 <sup>1)</sup>
Laakerikitka	0,5
Lämpötilaero	0
Lämpötilan vaihtelu	0
Tuuli	0
Jääkuorma	0,2
Tukien siirtyminen	1
Törmäyskuorma	0

<sup>1)</sup> Arvoista valitaan määräävä

## 4.3 MITOITUS SALLITTUJA JÄNNITYKSIÄ KÄYTTÄEN

Mitoitettaessa rakenteita sallittuja jännityksiä käyttäen mitoituskuorma määritetään kaavasta.

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 q_{ki} \quad (4.5)$$

Kaavan 4.5 merkinnät ovat samat kuin kaavan 4.4 merkinnät. Sallitut jännitykset ja muut tarvittavat materiaaliarvot annetaan asianomaisen rakennusaineen kantavien rakenteiden ohjeissa tai asianomaisia rakenteita koskevissa ohjeissa.

Raskaan erikoiskuorman osalta voidaan käyttää 0,85-kertaisia ominaiskuorman arvoja.

Onnettomuuskuorma lasketaan kaavasta 4.2.

#### 4.4 KOKONAISVARMUUSKERROINMENETELMÄ

Mitoituskuorma määritetään kuten kohdassa 4.3.

