

Rautatiesiltojen väsytkuormat

Siltaeurokoodien koulutus
Teräs- liitto ja puusillat
29-30.3.2010

DI Markus Ryynänen

Esityksen sisältö

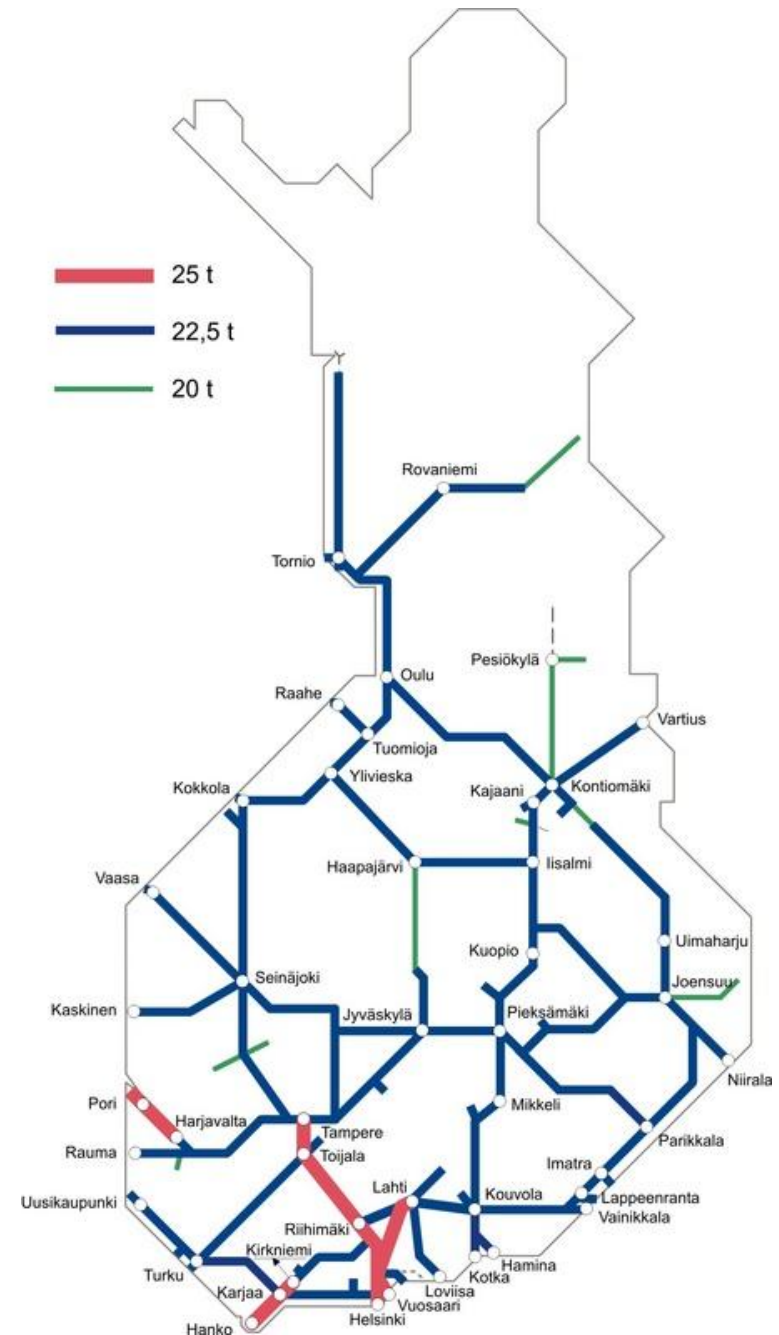
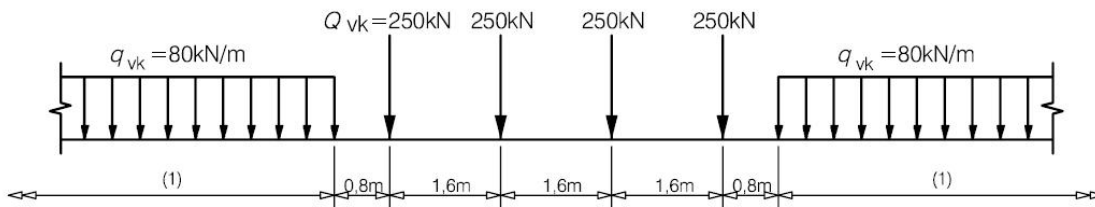
- Väsytkuormakaavio
- λ -kertoimet
- Tarkemmat menetelmät



Väsytkuormakaavio

- LM71

- 22,5t $\alpha=1$
- dynaaminen suurennuskerroin Φ_2
- Ilmeisesti ei käytetä kaaviota SW/0
 - vrt. Betonisillat
- Varautuminen akselipainon nostoon ?



Ekvivalentti jännitysvaihteluväli

- LM71 jännitysvaihteluväli kahdelta raiteelta

$$\Delta\sigma_{equ} = \lambda\Phi\Delta\sigma_{LM71} \quad \Delta\sigma_{equ} \leq \frac{\Delta\sigma_{Rsk}}{\gamma_{Mf}}$$

$$\lambda = \lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4 \leq \lambda_{max} \quad \lambda_{max} = 1,4 \quad (\text{rakenneteräs})$$

$$\frac{7}{3} \left(1 - \frac{\gamma_{sd}\sigma_{cd,max}}{f_{cd,fat} \sqrt{1 - \frac{\sigma_{cd,min}}{\sigma_{cd,max}}}} \right) \leq 1$$

$$\sigma_{cd,max} = \sigma_{c,perm} + \lambda_c \sigma_{c,max,LM71}$$

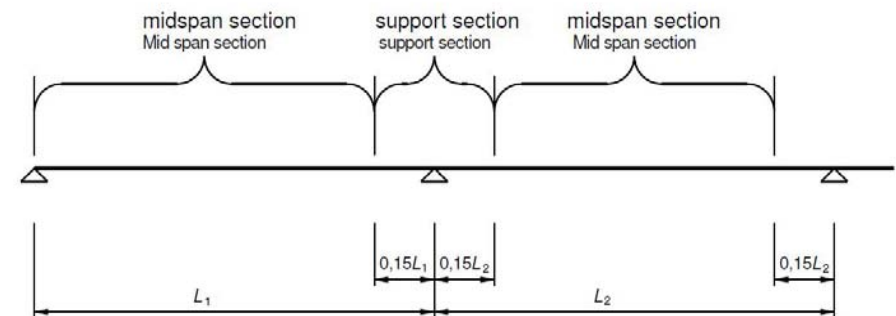
$$\sigma_{cd,min} = \sigma_{c,perm} + \lambda_c \sigma_{c,min,LM71}$$

$$f_{cd,fat} = k_1 \beta_{cc}(t_0) f_{cd} \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$



Influenssiviivan pituus L

- Kuvaa aluetta/pituutta, jolta merkittävin osa väsytkuormasta kertyy tarkasteltavalle pisteelle
- EN 1993-2 kohta 9.5.3 (2)
 - Momentti kentässä: L = kyseisen jänteen pituus
 - Momentti välituella: L = viereisten jänneiden pituuksien keskiarvo



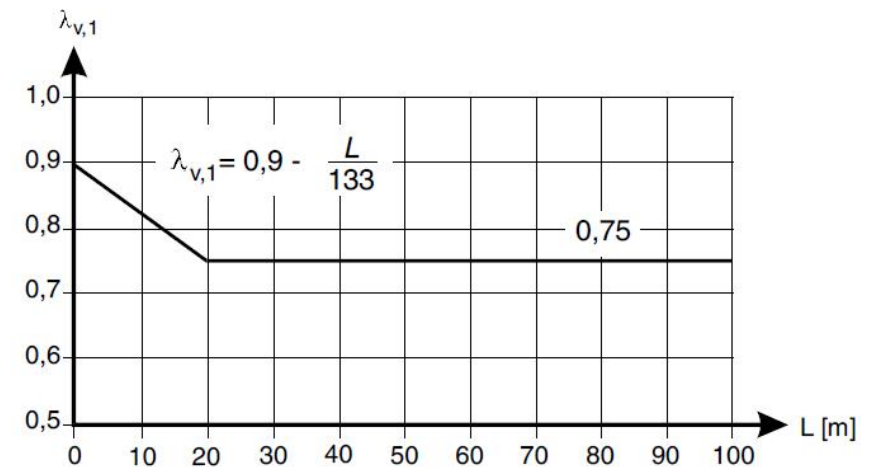
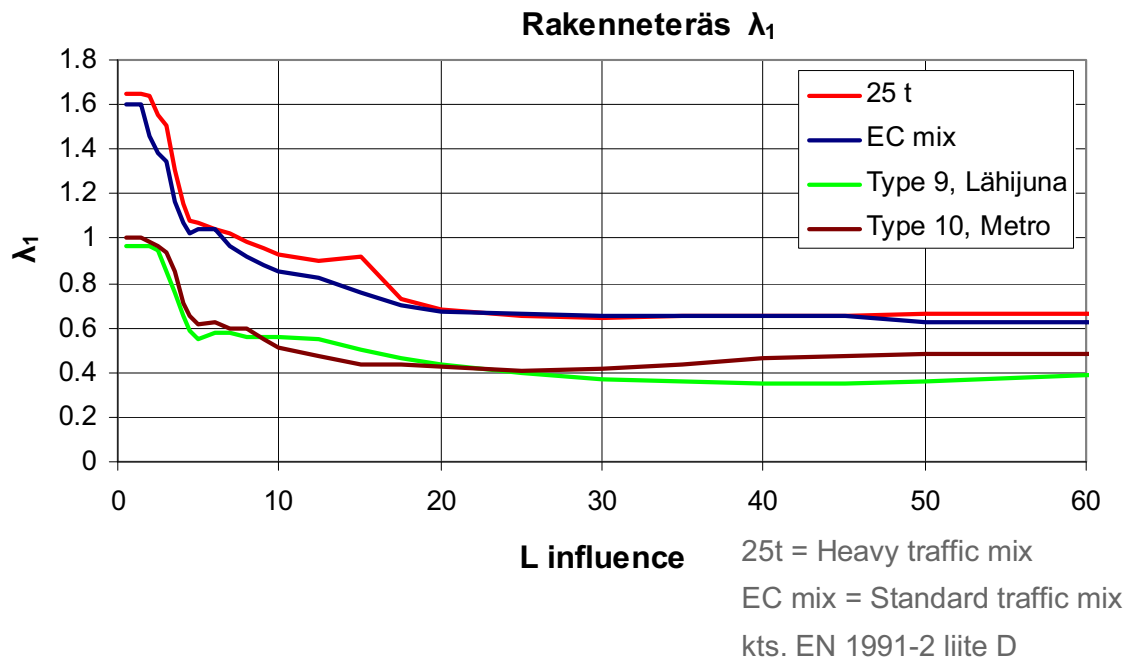
λ_1

- λ_1 kertoimella sovitetaan kaavion LM71 jännitysvaihteluväli vastaamaan todellisten junien sillan ylitysten aiheuttamaa väsyttävää vaikutusta.
- λ_1 on erilainen eri materiaaleille
 - Rakenneteräs EN 1993-2 kohta 9.5.3
 - Vaarnatapit EN 1994-2 kuva 6.27
 - Betoniteräs EN 1992-2 liite NN
 - Betoni EN 1992-2 liite NN (sama kuin betoniteräs)

$$\lambda_{s,1}(L) = \lambda_{c,1}(L) = \lambda_{s,1}(2) + (\lambda_{s,1}(20) - \lambda_{s,1}(2))(\log(L) - 0.3)$$

Taulukosta NN.2 poimitut $\lambda_{s,1}$ arvot pehmeällä raudoitteella

	Standard mix		Heavy mix	
	L(2)	L(20)	L(2)	L(20)
Yksiaukkoinen, vapaasti tuettu	0.9	0.65	0.95	0.7
Jatkuva, reunajänteet	0.9	0.65	1	0.65
Jatkuva, keskijänteet	0.95	0.5	1.05	0.55
Jatkuva, välitukien alue	0.85	0.7	0.85	0.75



λ_2 ja λ_3

- λ_2 ja λ_3 kertoimilla otetaan huomioon sillan käyttöön kuormituskertojen määrä
 - Rakenneteräs $k=5$
 - Betoniteräs $k=25$... vain sittenkin $k=9$?
 - Vaarnatapit $k=8$

$$\lambda_2 = \sqrt[k]{\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}} \quad \lambda_3 = \sqrt[k]{\frac{N_{years}}{100}}$$

$$\lambda_{c2,3} = 1 + \frac{1}{8} \log \frac{Vol}{25 \cdot 10^6} + \frac{1}{8} \log \frac{N_{years}}{100}$$



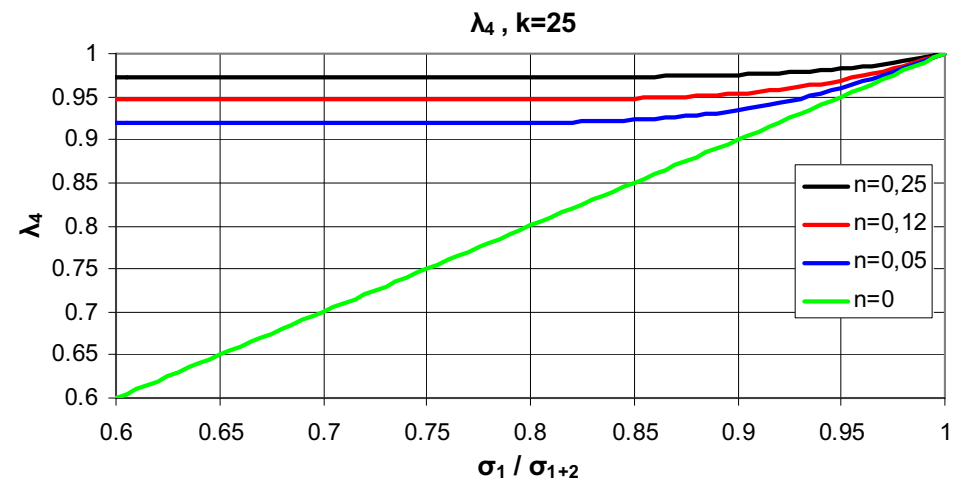
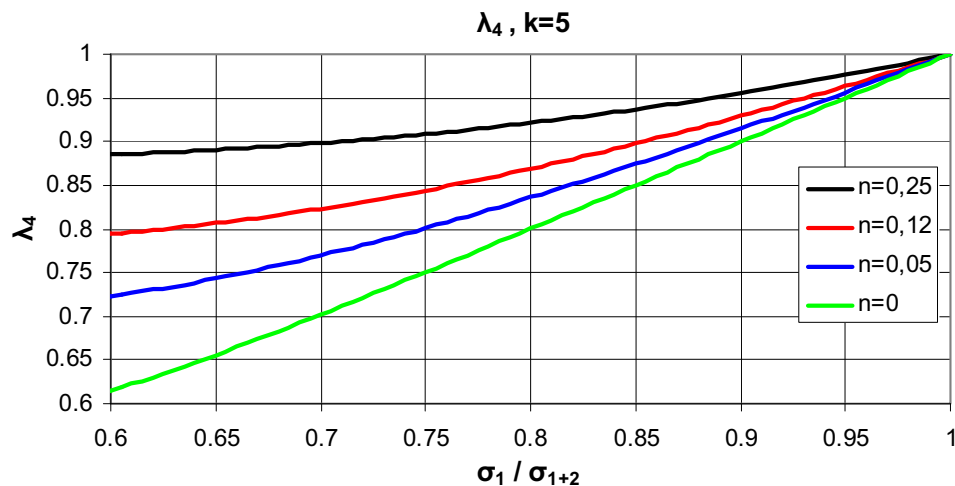
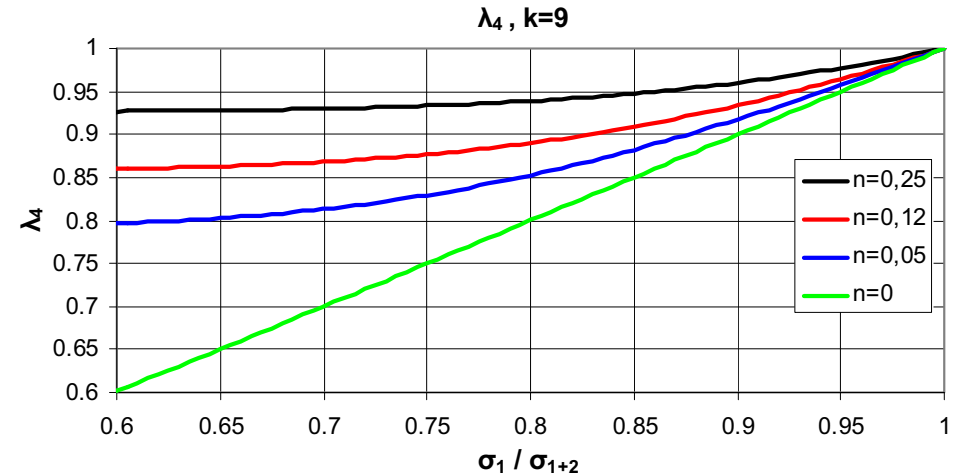
λ_4

- λ_4 kertoimella otetaan huomioon junien satunnainen samanaikaisuus sillalla

- $n = 0,12$ (oletusarvo)
- $\Delta\sigma_1$ on yhden raiteen kuormitus
- $\Delta\sigma_{1+2}$ on kahden raiteen kuormitus

$$\lambda_4 = \sqrt[k]{n + (1-n) \left(\left(\frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}} \right)^k + \left(1 - \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}} \right)^k \right)}$$

$$\lambda_{c,4} = \begin{cases} 1 + 0,125 \log n & , \sigma_1 / \sigma_{1+2} \leq 0,8 \\ 1 & , \sigma_1 / \sigma_{1+2} > 0,8 \end{cases}$$



Tarkemmat menetelmät

- Tapauskohtaisesti lasketut λ -kertoimet
 - Määritetään yksinkertaisella rakennemallilla λ -kertoimet
 - Kuormakaaviot EN 1991-2 liitteen D tai tilaajan määrittelyn mukaisesti
 - Laskettuja λ -kertoimia käytetään varsinaisen rakennemallin kaavion LM71 tulosten sovittamiseen.
 - Pitäisi kuvata paremmin todellisuutta kuin eurokoodin λ -kertoimet
 - Ei ohjeistettu eurokoodissa

- Palmgren-Miner varsinaisella rakennemallilla
 - Tarkin ja työläin menetelmä
 - Kuormakaaviot EN 1991-2 liitteen D tai tilaajan määrittelyn mukaisesti

