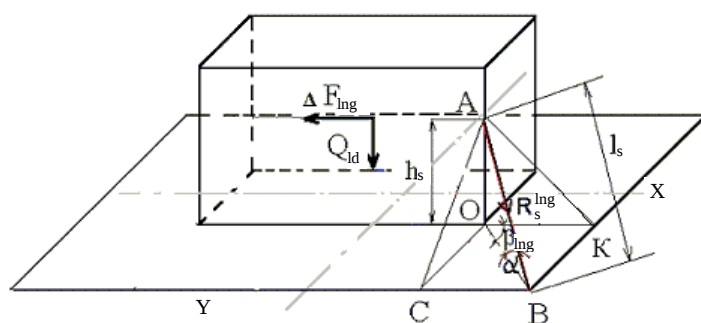


Liite 4
lukuun 1 (kohtaan 10.5)

**Eripituisten, vaunun lattiaan nähden eri kulmiin sijoitettujen rautalankavetositeiden
mitoitusmenetelmät**

Kiinnitettäessä yksittäistä kuormaa rautalangasta tehdyillä vetositeillä, joilla on sama halkaisija, mutta eri määrä eripituisia (l_i) ja eri tavoin sijoitettuja (α_i , β_i , h_{si}) lankoja (n_{li}), voima R_{si} tarkasteltavassa i. vetositeessä määritetään seuraavilla kaavoilla:

1. Pituussuuntaisen hitausvoiman aiheuttama vetositeen kuormitus (kuva 1):



Kuva 1

x-vaunun pituussuuntainen akseli, y-vaunun poikkisuuntainen akseli

$$R_{si}^{lng} = Z^{lng} (n_{li} / l_i) \cos \alpha_i \cos \beta_{lngi}, \quad (1)$$

$$\Delta F_{lng}$$

$$\text{jossa } Z^{lng} = \frac{\Delta F_{lng}}{\sum_{i=1}^{n_s^{lng}} \left[\frac{n_{li}}{l_i} (\mu \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \cos \beta_{lngi}) \cos \alpha_i \cos \beta_{lngi} \right]} \quad (\text{tf}), \quad (2)$$

$$n_s^{lng}$$

$$\sum_{i=1}^{n_s^{lng}} \left[\frac{n_{li}}{l_i} (\mu \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \cos \beta_{lngi}) \cos \alpha_i \cos \beta_{lngi} \right]$$

jossa R_{si}^{lng} on pituussuuntaisen hitausvoiman aiheuttama kuormitus i. vetositeessä, tf,

n_s^{lng} on samanaikaisesti vaunun pituussuuntaisesti samaan suuntaan vetävien vetositeiden määrä,

n_{li} on lankojen määrä i. vetositeessä; β_{lngi} – kulma i. vetositeen vaakatasoprojektion ja vaunun pituussuuntaisen keskiviivan välillä ja

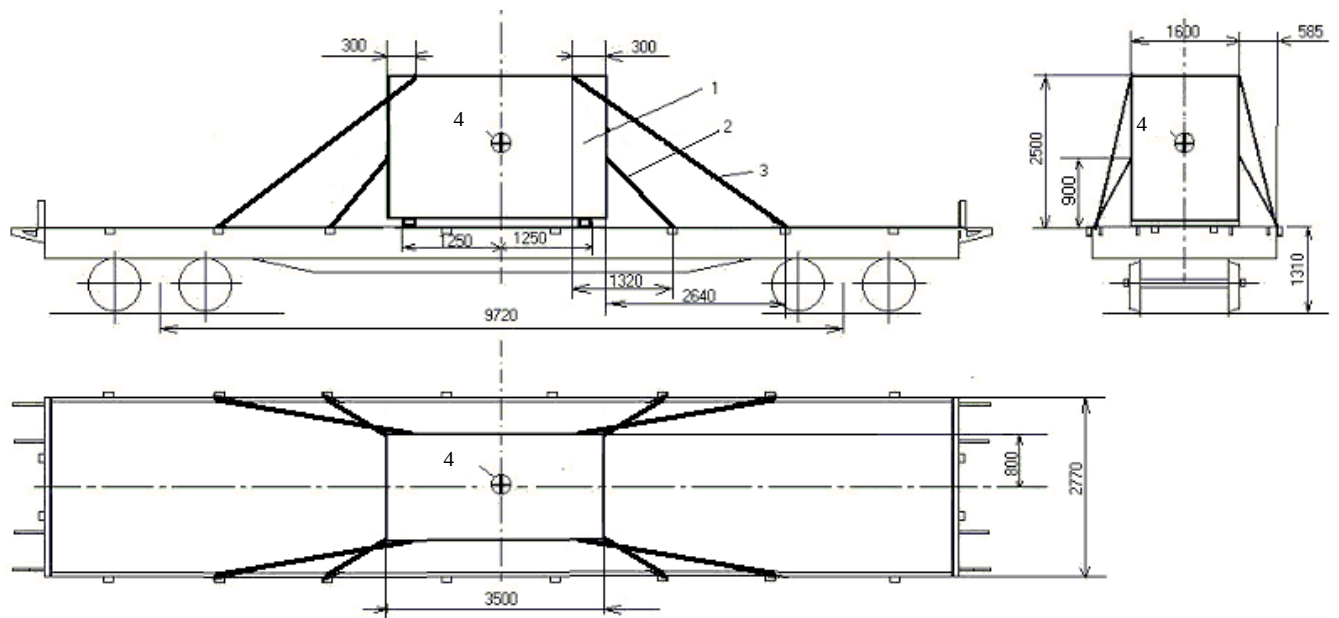
l_i on i. vetositeen pituus, m.

2. Poikittaissuuntaisen hitausvoiman aiheuttama vetositeen kuormitus (kuva 2):

x-vaunun pituussuuntainen akseli, y-vaunun poikkisuuntainen akseli

$$\text{jossa } Z^{\text{lat}} = \frac{\Delta F_{\text{lat}}}{\sum_{i=1}^{n_s^{\text{lat}}} \frac{n_{\text{li}}}{1_i} (\mu \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \cos \beta_{\text{lat}i}) \cos \alpha_i \cos \beta_{\text{lat}i}} \quad (\text{tf}), \quad (4)$$

Kuormaussuunnitelman mukaiseen kuljetukseen on annettu 14,7 tonnia painava, 3500x1600x2500 mm:n kokoiseen puulaatikkoon pakattu kuorma, joka on sijoitettu puulattiaiseen avovaunuun ja kiinnitetty neljällä rautalangasta tehdyllä vetosideparilla (kuva 3).



Kuva 3

1 – kuorma; 2, 3 – vetoside, 4 - kuorman keskipainopiste

Alustavien laskelmien mukaan:

$a_{\text{lng}}=1,15 \text{ tf/t}$; $a_{\text{lat}}=0,33 \text{ tf/t}$; $a_v=0,396 \text{ tf/t}$; $W_{\text{lat}}=0,438 \text{ tf}$; $\mu=0,45$;
 $\Delta F_{\text{lng}}=10,33 \text{ tf}$;
 $\Delta F_{\text{lat}}=1,29 \text{ tf}$.

Geometristen parametrien sekä vetosideosien suhteet on tarkoituksenmukaista laskea taulukkomuodossa (taulukko 1).

Taulukko 1

Vetositeiden geometriset parametrit	Vetoside pos. 2	Vetoside pos. 3
$AO = h_s, \text{ m}$	0,900	2,500
$BK = OC, \text{ m}$	0,585	0,585
$KO = BC, \text{ m}$	1,020	2,940
$BO = (KO^2 + BK^2)^{1/2}, \text{ m}$	1,176	2,998
$AB = l_s = (BO^2 + AO^2)^{1/2}, \text{ m}$	1,480	3,859
$\sin \alpha = AO/AB$	0,608	0,648
$\cos \alpha = BO/AB$	0,795	0,777
$\cos \beta_{\text{lng}} = KO/BO$	0,867	0,981
$\cos \beta_{\text{lat}} = BK/BO$	0,497	0,195

4.1. Luvun 1 kohdassa 11.5 esitetyn menetelmän mukainen laskelma

$$R_s^{\text{lng}} = \frac{10,33}{\cos \beta_{\text{lng}}} = 2,56 \text{ tf};$$

$$2(0,45 \times 0,608 + 0,795 \times 0,867) + 2(0,45 \times 0,648 + 0,777 \times 0,981)$$

$$R_{s2}^{lat} = \frac{1,29}{2(0,45 \times 0,608 + 0,795 \times 0,497) + 2(0,45 \times 0,648 + 0,777 \times 0,195)} = 0,580 \text{ tf}$$

Luvun 1 taulukon 32 mukaisesti kuorman kiinnittämiseen pituussuuntaisen liikkumisen estämiseksi tarvitaan 6 mm:n paksuisesta rautalangasta tehtyjä 6-kertaisia vetositeitä, ja kuorma kiinnittämiseen poikittaissuuntaisen liikkumisen estämiseksi tarvitaan 6 mm:n paksuisesta rautalangasta tehtyjä 2-kertaisia vetositeitä.

4.2. Tarkennettu laskelma

Pituussuuntaisen hitausvoiman aiheuttama kuormitus.

Kaavan (2) ja taulukon 1 mukaisesti:

$$Z^{lng} = \frac{10,33}{2(0,45 \times 0,608 + 0,795 \times 0,867) \times 0,795 \times 0,867 \times 6/1,48 + 2(0,45 \times 0,648 + 0,777 \times 0,981) \times 0,777 \times 0,981 \times 6/3,859} = 1,349$$

Kaavan (1) ja taulukon 1 mukaisesti vetositeiden kuormitukset ovat:

$$R_{s2}^{lng} = 1,349 \times (6/1,48) \times 0,795 \times 0,867 = 3,769 \text{ tf}$$

$$R_{s3}^{lng} = 1,349 \times (6/3,859) \times 0,777 \times 0,981 = 1,599 \text{ tf}$$

Poikittaissuuntaisen hitausvoiman aiheuttama kuormitus.

Kaavan (4) ja taulukon 1 mukaisesti:

$$Z^{lat} = \frac{1,29}{2(0,45 \times 0,608 + 0,795 \times 0,497) \times 0,795 \times 0,497 \times 2/1,480 + 2(0,45 \times 0,648 + 0,777 \times 0,195) \times 0,777 \times 0,195 \times 2/3,859} = 1,646$$

Kaavan (3) ja taulukon 1 tietojen mukaan vetositeiden kuormitukset ovat:

$$R_{s2}^{lat} = 1,646 \times (2/1,48) \times 0,795 \times 0,497 = 0,879 \text{ tf}$$

$$R_{s3}^{lat} = 1,646 \times (2/3,859) \times 0,777 \times 0,195 = 0,1293 \text{ tf}$$

Vetositeiden lankojen määrän lopullinen määrittäminen.

Vetositeiden lankojen määrä määritetään luvun 1 taulukon 32 mukaisesti laskettujen, tarkennettujen pitkittäisen ja poikittaisen hitausvoimien aiheuttaman kuormitusten perusteella.

Määritetään vetositeiden lankojen määrä enimmäisarvojen $R_{s2}^{lng} > R_{s2}^{lat} = 3,769 \text{ tf}$ ja $R_{s3}^{lng} > R_{s3}^{lat} = 1,599 \text{ tf}$ mukaan:

- vetoside pos. 2 – kahdeksan lankaa;
- vetoside pos. 3 – neljä lankaa.