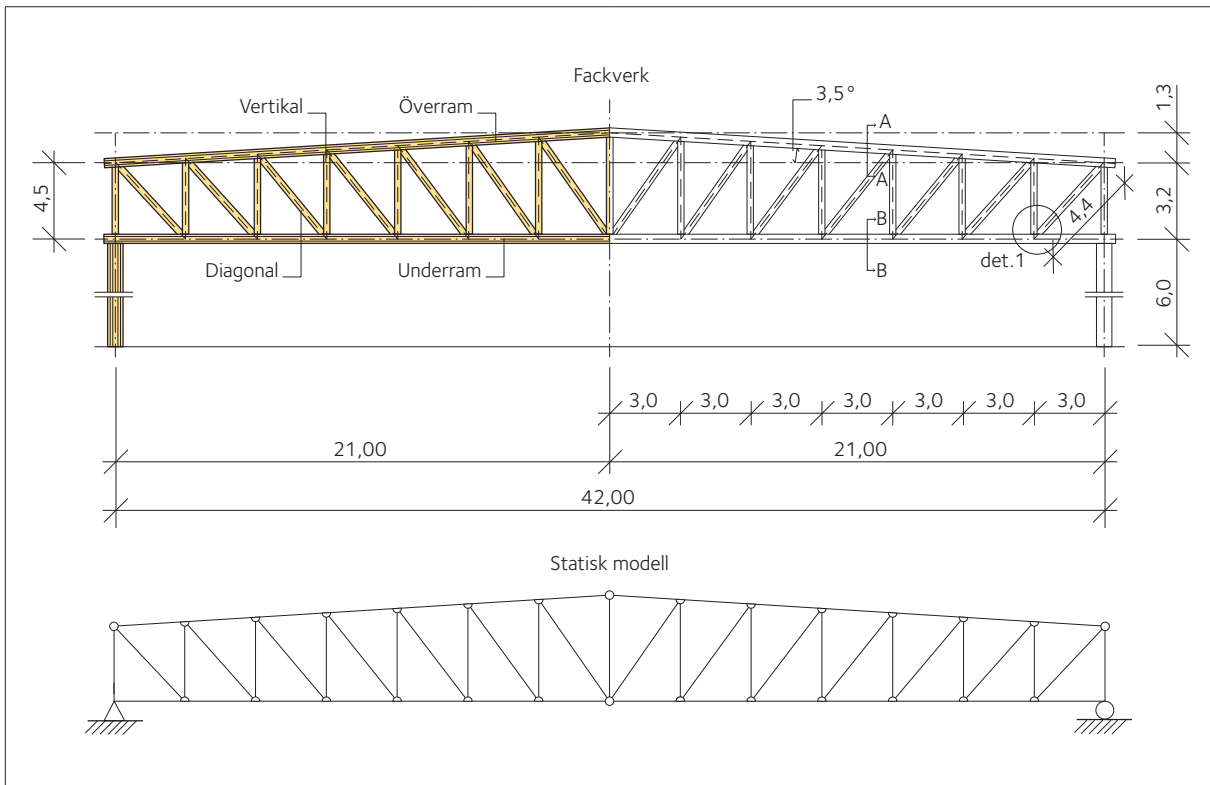


Exempel 8: Fackverk

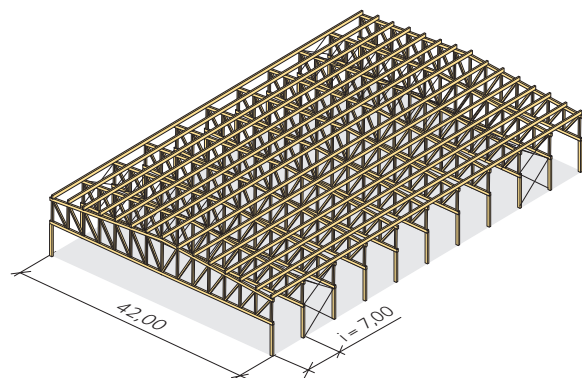
8.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag

Dimensionera fackverket enligt nedan.



Bestäm tvärsnittets mått enligt den preliminära dimensioneringen beskriven i avsnitt 8.4, sidan 2.

| | |
|--|-------------------|
| Fackverket är av limträ, hållfasthetsklass | GL30c |
| Säkerhetsklass 3 | $\gamma_d = 1$ |
| Klimatklass 1 | |
| Partialkoefficient för permanent last | $\gamma_g = 1,2$ |
| Partialkoefficient för variabel last | $\gamma_s = 1,5$ |
| Partialkoefficient för limträ | $\gamma_M = 1,25$ |



8.2 Laster

Beakta följande laster vid dimensionering:

Fackverk

$$g_{k,1} = 2,4 \text{ kN/m}$$

Övrig permanent last

$$G_{k,2} = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k,2} = G_{k,2} \cdot i \cdot 1,1 = 0,6 \cdot 7 \cdot 1,1 = 4,62 \text{ kN/m}$$

Snölast

$$S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$s_k = S_k \cdot i \cdot \mu \cdot 1,1 = 1,5 \cdot 7 \cdot 0,853 \cdot 1,1 = 9,85 \text{ kN/m}$$

Faktorn 1,1 i ekvationerna ovan beaktar att sekundärbalkarna är kontinuerliga över primärbalkarna.

8.3 Lastkombinationer

Beakta två lastkombinationer (SS-EN 1990, avsnitt 6.4.3 och SS-EN 1991-1-3, avsnitt 5.3.3):

Kombination 1 (egentyngd, permanent last, $k_{\text{mod}} = 0,6$):

$$q_{\text{dl}} = \gamma_d \cdot [\gamma_g \cdot (g_{k,1} + g_{k,2})] = 1 \cdot 1,2 \cdot (2,4 + 4,62) = 8,42 \text{ kN/m}$$

Kombination 2 (egentyngd + snölast, medellång last, $k_{\text{mod}} = 0,8$):

$$q_{\text{dII}} = \gamma_d \cdot [\gamma_g \cdot (g_{k,1} + g_{k,2}) + \gamma_s \cdot s_k] = 1 \cdot [1,2 \cdot (2,4 + 4,62) + 1,5 \cdot 9,85] = 23,20 \text{ kN/m}$$

8.4 Preliminär dimensionering

Utför preliminär dimensionering enligt rekommendationerna i *Projektering av limträkonstruktioner, avsnitt 8.2*:

Nockhöjd:

$$h_{\text{apex}} = \frac{l_{\text{tot}}}{10} = \frac{42}{10} = 4,2 \text{ m} \rightarrow h_{\text{apex}} = 4,5 \text{ m}$$

Höjd vid upplag:

$$h_{\text{edge}} = h_{\text{apex}} - \frac{l_{\text{tot}}}{2} \cdot \sin(\alpha) = 4,5 - \frac{42}{2} \cdot \sin(3,5^\circ) = 3,22 \text{ m} \rightarrow h_{\text{edge}} = 3,2 \text{ m}$$

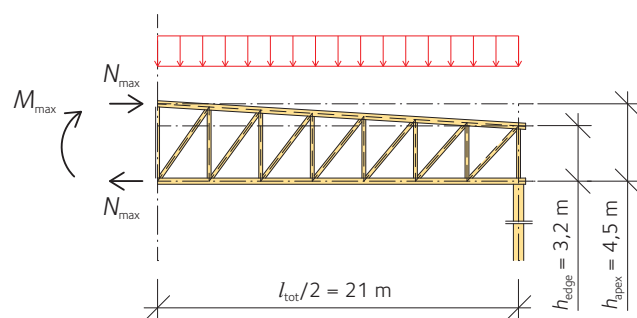
Den största påkänningen på ramstängerna är i mitten av fackverket.

Max böjmoment:

$$M_{\text{max}} = \frac{q_{\text{dII}} \cdot l_{\text{tot}}^2}{8} = \frac{23,20 \cdot 42^2}{8} = 5116,6 \text{ kNm}$$

Max normalkraft:

$$N_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{h_{\text{apex}}} = \frac{5116,6}{4,5} = 1137 \text{ kN}$$



Över- och underram:

$$A = \frac{N_{\max}}{0,7 \cdot f_{t,0,d}} = \frac{1137 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 12,5} = 129946 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{A} = 360 \text{ mm} \rightarrow h = 360 \text{ mm} \quad b = 355 \text{ mm}$$

Välj gärna ett tvärsnitt med stor bredd för att få plats för flera inslitsade stålplåtar. Använd reduktionsfaktorn 0,7 för att beakta förminskning av tvärsnittsarean som förorsakas av slitsarna och hålen.

Upplagsreaktionen är:

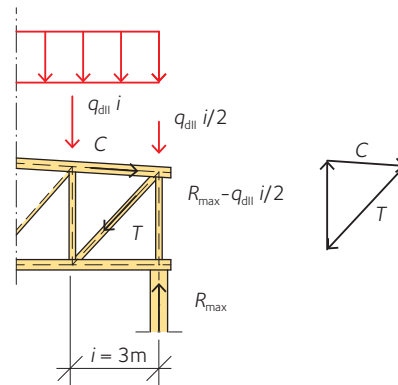
$$R_{\max} = \frac{q_{\text{dill}} \cdot l_{\text{tot}}}{2} = 482 \text{ kN}$$

$$R_{\max} - \frac{q_{\text{dill}} \cdot i}{2} = 448 \text{ kN}$$

Upplagsreaktionen genererar följande inre krafter:

$$C = 398 \text{ kN}$$

$$T = 581 \text{ kN}$$

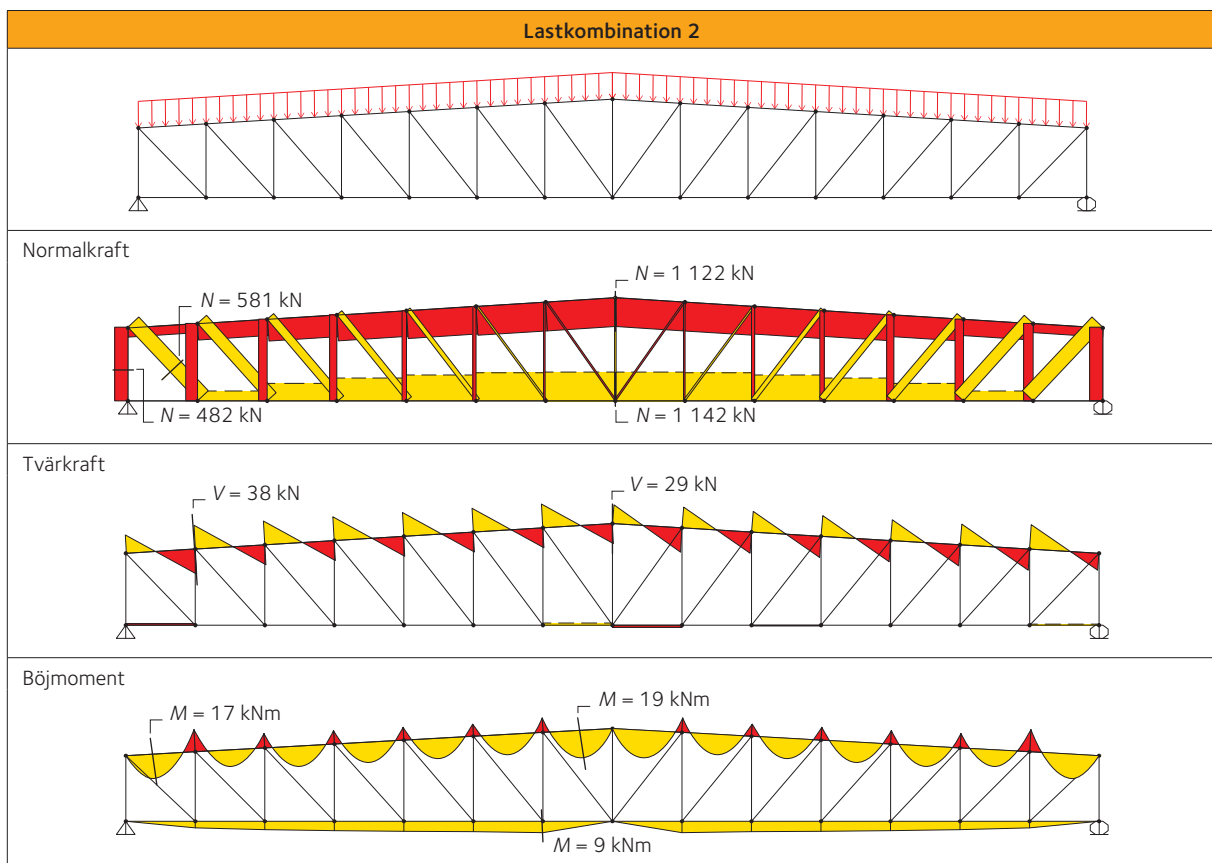


Vertikaler och diagonaler:

$$b = 355 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = \frac{T}{0,7 \cdot f_{t,0,d} \cdot b} = 186 \text{ mm} \rightarrow h = 225 \text{ mm}$$

8.5 Inre krafter och moment



8.6 Överram

a) Tryck parallellt med fibrerna

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{(b - 4 \cdot d_{plate}) \cdot (h - 3 \cdot d_{dowel})} = \frac{1122 \cdot 10^3}{(355 - 4 \cdot 8) \cdot (360 - 3 \cdot 12)} = 10,72 \text{ MPa}$$

Beräkna tryckspänningen i nettotvårsnittet. Anta att förbandet har 4 inslitsade stålplåtar som fästs med 9 dymlingar, $d = 12 \text{ mm}$, i ett gitter 3×3 .

Kontrollera villkoret för tryckspänning parallellt fibrerna (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.2):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{10,72}{15,68} = 0,68 < 1 \quad \mathbf{OK}$$

b) Stabilitetskontroll för samtidig böjning och tryck

Fackverket är stagat i sidled. Avståndet mellan stagpunkterna är 3 m.

Eftersom tvärsnittet är nästan kvadratisk, kontrollera endast knäckning kring y-axeln (böjmoment försakade av nedåtriktade laster reducerar också knäckhållfastheten kring till y-axeln):

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{1122 \cdot 10^3}{355 \cdot 360} = 8,78 \text{ kN}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot \frac{h^2}{6}} = \frac{20 \cdot 10^6}{355 \cdot \frac{360^2}{6}} = 2,65 \text{ MPa}$$

Stabilitet kring y-axeln (utknäckning i z-riktning)

Knäcklängd:

$$l_{0,y} = 3 \text{ m}$$

Kritisk Eulerspänning:

$$\sigma_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05} \cdot I_y}{(b \cdot h) \cdot l_{0,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 10800 \cdot \frac{355 \cdot 360^3}{12}}{355 \cdot 360 \cdot (3 \cdot 10^3)^2} = 127,91 \text{ MPa}$$

Relativt slankhetstal:

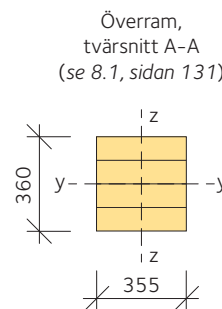
$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{24,5}{127,91}} = 0,44$$

Faktor k:

$$k_y = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + 0,1 \cdot (0,44 - 0,3) + 0,44^2 \right] = 0,6$$

Reduktionsfaktor vid knäckning:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,6 + \sqrt{0,6^2 - 0,44^2}} = 0,98$$



Kontrollera villkoret för knäckning kring y-axeln och böjning kring y-axeln (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.23):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{8,78}{0,98 \cdot 15,68} + \frac{2,65}{19,2} = 0,71 < 1 \quad \text{OK}$$

8.7 Underram

Beräkna dragspänningen i nettotvårsnittet. Anta att förbandet har 4 inslitsade stålplåtar som fästs med 9 dymlingar, $d = 12$ mm, i ett gitter 3×3 :

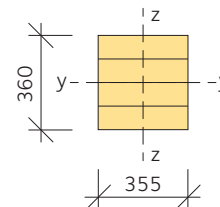
$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed}}{(b - 4 \cdot d_{plate}) \cdot \frac{h^2}{6}} = \frac{9 \cdot 10^6}{(355 - 4 \cdot 8) \cdot \frac{360^2}{6}} = 1,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{(b - 4 \cdot d_{plate}) \cdot h} = \frac{1142 \cdot 10^3}{(355 - 4 \cdot 8) \cdot 360} = 9,82 \text{ MPa}$$

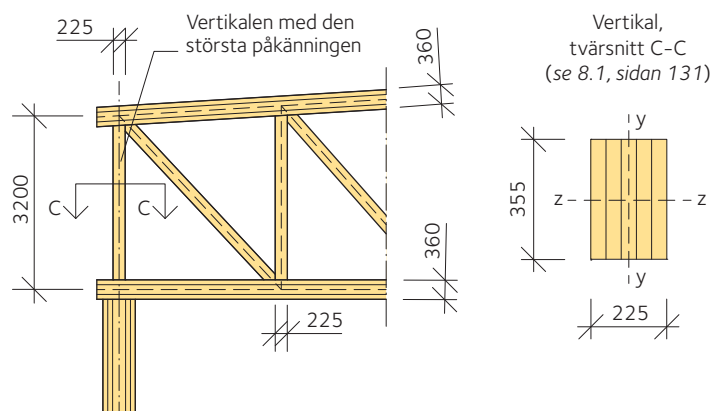
Kontrollera villkoret för samtidigt verkande böjmoment och dragning (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.17):

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{9,82}{12,48} + \frac{1,29}{19,2} = 0,85 < 1 \quad \text{OK}$$

Underram,
tvärsnitt B-B
(se 8.1, sidan 131)



8.8 Vertikaler



$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{482 \cdot 10^3}{355 \cdot 225} = 6,04 \text{ MPa}$$

Stabilitet kring y-axeln (utknäckning i z-riktning)

Knäcklängd:

$$l_{0,y} = 3,2 \text{ m}$$

Kritisk Eulerspänning:

$$\sigma_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05} \cdot I_y}{(b \cdot h) \cdot l_{0,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 10800 \cdot \frac{355 \cdot 225^3}{12}}{355 \cdot 225 \cdot (3,2 \cdot 10^3)^2} = 43,91 \text{ MPa}$$

Relativt slankhetstal:

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{\text{cr},y}}} = \sqrt{\frac{24,5}{43,91}} = 0,75$$

Faktor k :

$$k_y = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},y} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},y}^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + 0,1 \cdot (0,75 - 0,3) + 0,75^2 \right] = 0,8$$

Reduktionsfaktor vid knäckning:

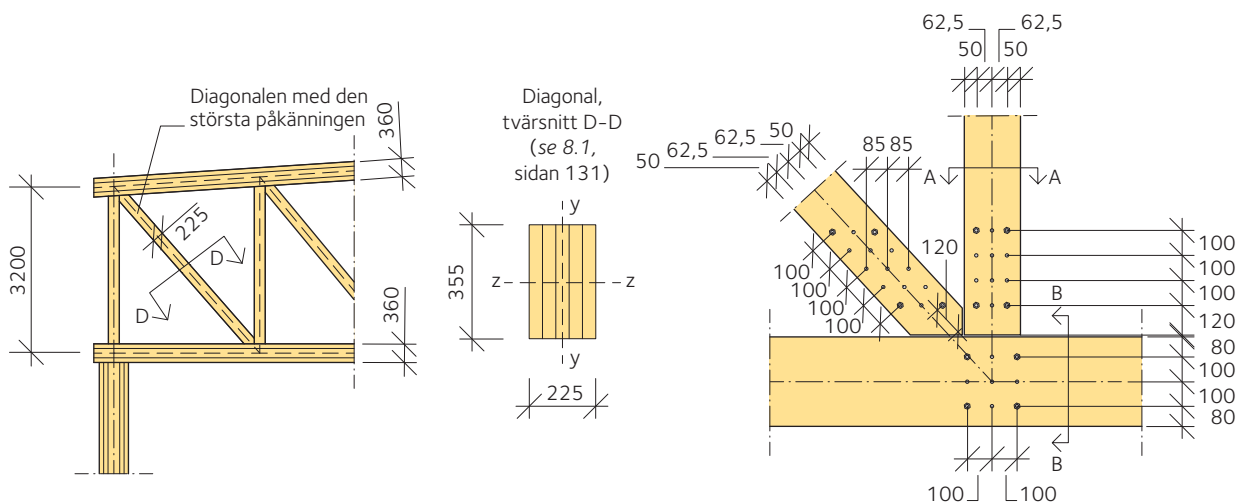
$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}} = \frac{1}{0,8 + \sqrt{0,8^2 - 0,75^2}} = 0,92$$

Kontrollera villkoret för knäckning kring y-axeln (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.23):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{6,04}{0,92 \cdot 15,68} = 0,42 < 1 \quad \text{OK}$$

8.9 Diagonaler

Diagonalen med den största påkänningen är vid stödet.



Beräkna diagonalens spänning i nettotvårsnittet. Anta att förbandet har 4 inslitsade stålplåtar som fästs med 9 dymlingar, $d = 12$ mm, i ett gitter 3×3 . Dimensionering av förbandet visas i *exempel 21*.

a) Dragning parallellt med fibrerna

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{T_{\text{Ed}}}{(b - 4 \cdot d_{\text{plate}}) \cdot (h - 3 \cdot d_{\text{dowel}})} = \frac{581 \cdot 10^3}{(355 - 4 \cdot 8) \cdot (225 - 3 \cdot 12)} = 9,52 \text{ MPa}$$

Kontrollera villkoret för dragspänning (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.1):

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{9,52}{12,48} = 0,76 < 1 \quad \text{OK}$$