

# C04-LHE-JR-R01 Beregning av takbjelker

Jostein Romundstad, Bruhaug Rindal.

## 1 Oppsummering

Beregningen er gjort i hht

- NS 3470 Dimensjonering av Trekonstruksjoner, og
- NS 3479 Dimensjonerende laster

Nødvendig dimensjon på rundstokker er 350 mm

Antall stokker på hver side 2 stk, dvs 5 stk totalt

Antatt materialfasthet er  $18 \text{ N/mm}^2$ .

Sperredimensjon: 36 x 73

Avstand mellom sperrer: 600 mm



Figure 1. Garasje i Rindal

## 2 Dimensjoner

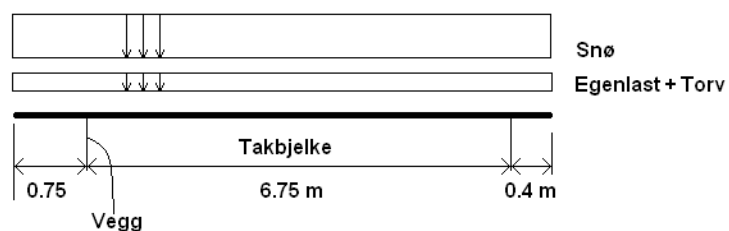


Figure 2. Laster som virker på taket

### 3 Laster

Det er to typer laster på taket:

- Permanente laster
  - Egenlast tak
  - Torv på tak
- Variable laster
  - Snølast
  - Vind (tas ikke med)

#### 3.1 Lastfaktorer

Lastfaktorer ihht NS 3479

Grensetilstand	Permanent last	Variable last
Bruddgrense (brudd)	1.2	1.6
Bruksgrense (nedbøyning)	1.0	1.0

#### 3.2 Permanente laster

**Egenlast tak:**

Furu (tørr): 5 kN/m<sup>3</sup>.

**Table 1. Laster med ø350mm stokk og 36 x 73 sperrer**

Detalj	Dimensjon	Fordelt last kN/m <sup>2</sup>
Takbord	Antar 25 cm	0,140
Taksperrer:	48 x 148mm c/c 60 cm	0,025
Takbjelke	ø 350 c/c 80 cm	0.601
Totalt		0.766

Totalt: 0,77 kN/m<sup>2</sup>.

Egenlast torv (vannmettet): 10.0 – 14.0 kN/m<sup>3</sup>.

10 cm tykkelse gir 1.4 kN/m<sup>2</sup>

#### 3.3 Variable laster

Snø i Rindal ihht NS 3479 er 4.5 kN/m<sup>2</sup>. Dette er basert på 20 års returperiode.

### 3.4 Dimensjonerende laster

Grensetilstand	Permanent	Variabel	Totalt kN/m <sup>2</sup>
Bruddgrense	$0,77 + 1,4 = 2,17$	4,5	9,81
Bruksgrense	$0,77 + 1,4 = 2,17$	4,5	6,67

## 4 Dimensjonerende fasthet

Antatt karakteristisk fasthet etter fasthetsklasse T18

$$\begin{aligned} \text{Bøying:} & \quad f_{mk} = 18 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Skjær:} & \quad f_{v90k} = 1,4 \text{ N/mm}^2. \end{aligned}$$

Fasthetsfaktor:

Lastvarighetsklasse B (halvårslaster pga snø)

Fuktighetsklasse 2 (ikke oppvarmet)

$$\text{Fasthetsfaktor:} \quad k_r = 0,9$$

Materialkoeffisient

Materialkvalitet:  $\gamma_1 = 1,2$  (ikke NS-merket trelast)

Utførelseskvalitet:  $\gamma_2 = 1,1$  (oppføres av brødrene Romundstad)

$$\text{Materialkoeffisient blir da} \quad \gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2 = 1,32$$

**Dimensjonerende materialfasthet for bøyning  $f_d$**

$$f_d = \frac{f_k \cdot k_r}{\gamma_m} = \frac{18 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,9}{1,32} = 12,3 \text{ N/mm}^2$$

**Dimensjonerende skjærfasthet**

$$f_{90d} = \frac{1,4 \cdot 0,9}{1,32} = 0,95 \text{ N/mm}^2$$

## 5 Beregning

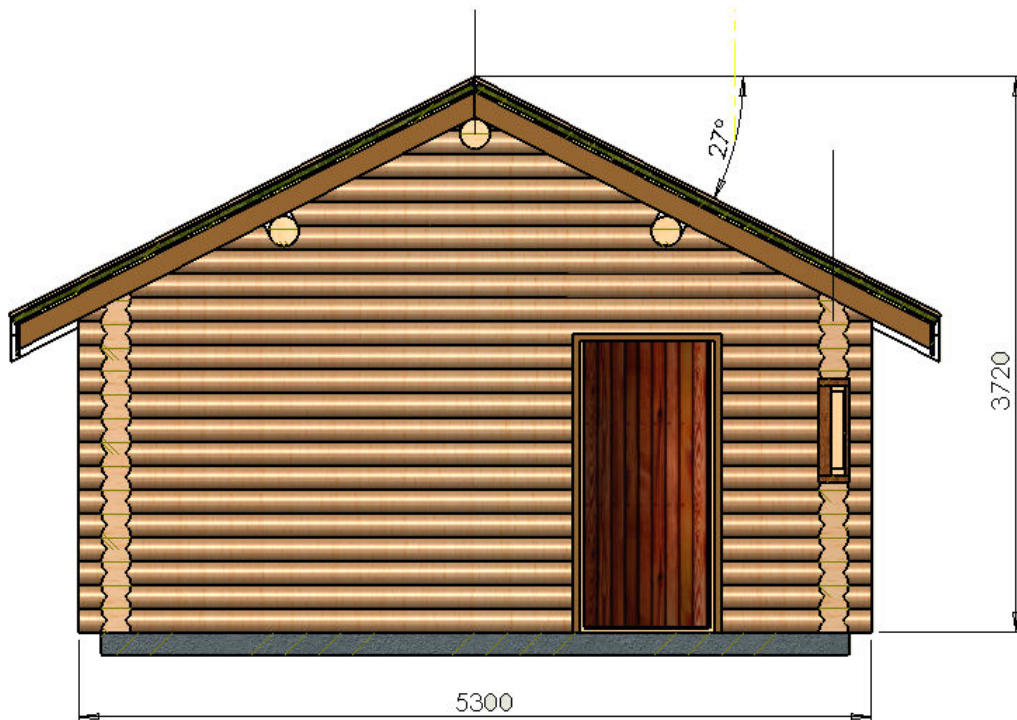


Figure 3. Tak sett fra enden, 27°

### 5.1 Bruddgrensetilstand

#### 5.1.1 Takbjelker

Stigningen på taket er 27°.

Dimensjon på rundstokker:  $\varnothing 350$  mm

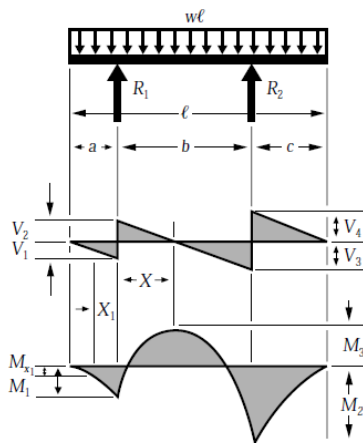
Motstandsmoment

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot OD^3 = 4\,209\,243 \text{ mm}^3$$

**Momentkapasitet for en rundstokk:**

$$M_d = f_d \cdot W = 12,3 \text{ N/mm}^2 \cdot 4.209\,243 \text{ mm}^3 = \mathbf{51,66 \text{ kNm}}$$

For  $\varnothing 380$  mm stokk blir  $W = 5\,387\,046 \text{ mm}^3$ , og momentkapasiteten 66,11 kNm



$$\begin{aligned}
 R_1 & \dots\dots\dots = \frac{w\ell(\ell-2c)}{2b} \\
 R_2 & \dots\dots\dots = \frac{w\ell(\ell-2a)}{2b} \\
 V_1 & \dots\dots\dots = wa \\
 V_2 & \dots\dots\dots = R_1 - V_1 \\
 V_3 & \dots\dots\dots = R_2 - V_4 \\
 V_4 & \dots\dots\dots = wc \\
 V_{x_1} & \dots\dots\dots = V_1 - wx_1 \\
 V_x \text{ (when } x < \ell) & \dots\dots\dots = R_1 - w(a+x_1) \\
 V_m \text{ (when } a < c) & \dots\dots\dots = R_2 - wc \\
 M_1 & \dots\dots\dots = -\frac{wa^2}{2} \\
 M_2 & \dots\dots\dots = -\frac{wc^2}{2} \\
 M_3 & \dots\dots\dots = R_1\left(\frac{R_1}{2w} - a\right) \\
 M_x \left(\text{max when } x = \frac{R_1}{w} - a\right) & \dots\dots\dots = R_1x - \frac{w(a+x)^2}{2}
 \end{aligned}$$

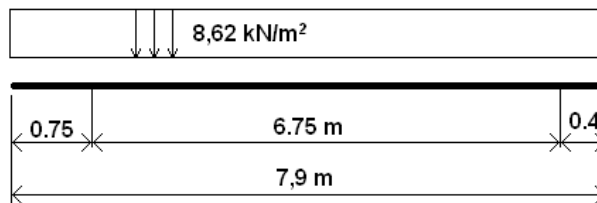


Figure 4. Laster og dimensjoner i bruddgrensetilstand

Antall stokker mellom toppen av taket og veggen er enten 1 eller 2. Sjekker begge alternativer.

Verdi	1 stokk på midten	2 stokker på midten
c/c mellom stokker	1,2 m	0,8 m
Diameter stokk	380 mm	350 mm
w	10,35 kN/m	6,90 kN/m
wl	81,8 kN	54,5 kN
R1	43.39 kN	29.36 kN
R2	48.14 kN	32.57 kN
V1	4.63 kN	3.14 kN
V2	43.50 kN	29.44 kN
V3	39.45 kN	26.69 kN
V4	8.69 kN	5.88 kN
M1	1.85 kNm	1.25 kNm
M2	6.52 kNm	4.41 kNm
M3	<b>63,90 kNm</b>	<b>43,24 kNm</b>
Utnyttelse	<b>97%</b>	<b>84%</b>

Det er nødvendig med 2 stokker på midten.

Nødvendig dimensjon på rundstokk:

$$W = \frac{\pi}{32} D^3 = \frac{M}{fd} \Rightarrow D \geq \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi \cdot fd}} = 330 \text{ mm}$$

For to stokker er nødvendig diameter 330 mm, og for én stakk 380 mm.

### Sjekk av skjærspenning på endene av stokken

Maximum skjærkraft er på enden av bjelken, ved  $V_3 = 25,8 \text{ kN}$  er  
For sirkulært tverrsnitt:

$$\tau = \frac{V}{A} \cdot \frac{4}{3} = \frac{26,7 \text{ kN}}{96211 \text{ mm}^2} \cdot \frac{4}{3} = 0,37 \text{ N/mm}^2$$

Dette gir utnyttelse på 39%  $\Rightarrow$  **OK!**

### 5.1.2 Taksperrer

Taksperrere antas å ligge med c/c 60 cm

Avstand mellom takbjelker (rundstokker  $\varnothing 350 \text{ mm}$ ) er 800 mm.

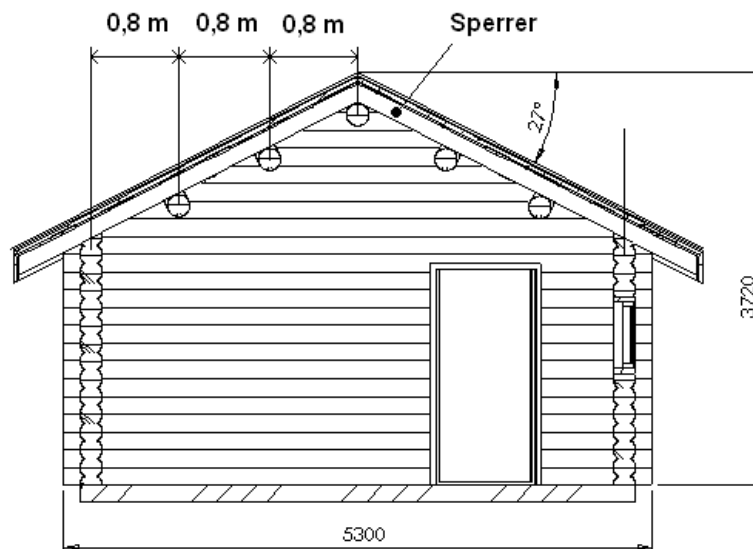


Figure 5. Taksperrer

Last på sperrer, vertikalt, med avstand  $c/c_{\text{Sperre}}$  mellom hver sperre.

$$9,81 \text{ kN/m}^2 \cdot c/c_{\text{Sperre}} = 5,89 \text{ kN/m}$$

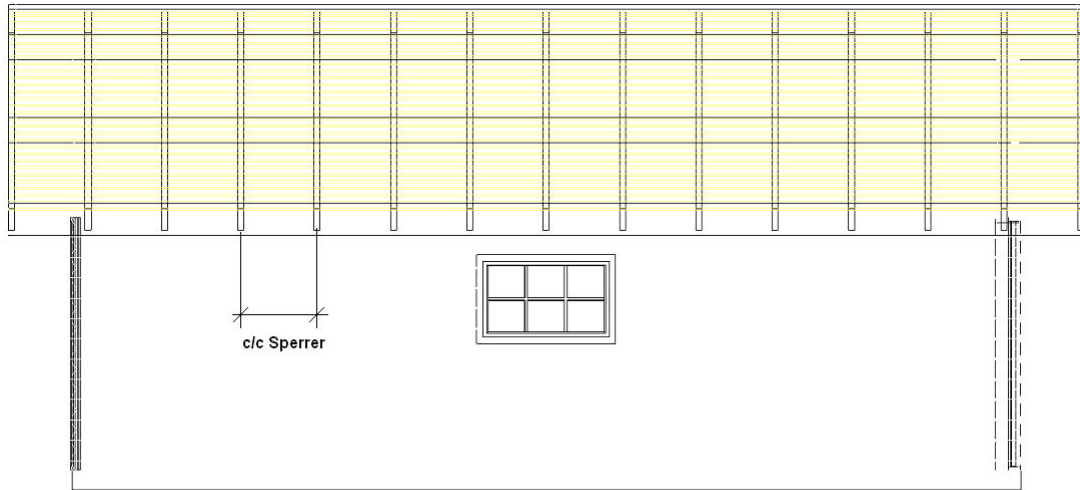


Figure 6. Avstand mellom sperrer

Projisert normalt på sperre:

$$w = 5,89 \text{ kN/m} \cdot \cos 27^\circ = 5,24 \text{ kN/m}$$

Fra Steel Designer Manual, 6th Ed (Blackwell Publishing), p1102, Equal Span Continuous beams uniformly distributed loads

Max moment i feltet mellom stokkene er  $0,08 \cdot W \cdot l$ , der  $W = w \cdot l$  og  $l = 0,8 \text{ m}$  (c/c stokk)

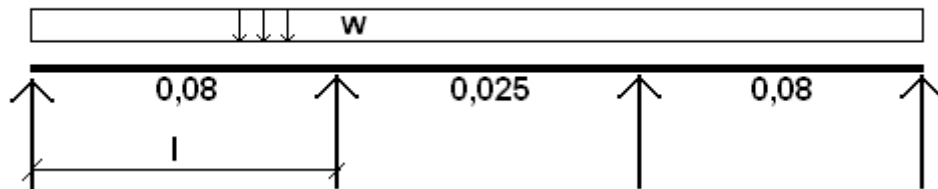


Figure 7. Momentfordeling i felt

$$M_{\text{Max}} = 5,24 \text{ kN/m} \cdot (0,8 \text{ m})^2 \cdot 0,08 = 0,30 \text{ kNm}$$

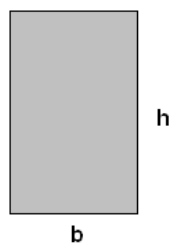
Nødvendig motstandsmoment blir da

$$W \geq \frac{M}{fd} = \frac{0,30 \text{ kNm}}{12,3 \text{ N/mm}^2} = 24\,390 \text{ mm}^3$$

For rektangulært tverrsnitt:

$$W = \frac{bh^2}{6} \Rightarrow h \geq \sqrt{\frac{6W}{b}} = 64 \text{ mm}$$

gitt at  $b = 36 \text{ mm}$



**Figure 8. Sperredimensjon**

Varianter av sperrer som er mulige

**Table 2. Liste over mulige dimensjoner på taksperre**

Taksperre [mm]	Senteravstand Sperrer [mm]	Utnyttelse
48 x 48	450	100%
48 x 73	1000	96%
48 x 98	1800	96%
48 x 123	2900	98%
36 x 73	750	96%
36 x 98	1400	99%