

## DIMENSJONERING AV FRONTSKJØRT - BRUKSGRENSETILSTAND (SLS)

### Egenskaper

Valgt betongklasse		$B45$
Valgt armeringklasse		$B500NC$
E-modul betong	EC 2, (tabell 3.1)	$E_c := 34 \text{ kN} \div \text{mm}^2$
E-modul for stål	EC 2, 3.2.7(4)	$E_s := 200 \text{ kN} \div \text{mm}^2$

### Dimensjoner

Spennvidde y-retning:	$L_y := 4 \text{ m}$
Spennvidde x-retning:	$L_x := 9 \text{ m}$
Høyde	$h := 0.6 \text{ m}$
Bredde	$b := 1.00 \text{ m}$
Nominell overdekning	$C_{nom} := 70 \text{ mm}$
Minimumsoverdekning (Tabell NA.4.5N)	$C_{min;dur} := 60 \text{ mm}$

Lengdearmering **støtte**:

$$\phi_{LA.støtte.xx} := 40 \text{ mm}$$

$$s_{støtte.xx} := 100 \text{ mm}$$

$$\phi_{LA.støtte.yy} := 40 \text{ mm}$$

$$s_{støtte.yy} := 130 \text{ mm}$$

Lengdearmering **felt**:

$$\phi_{LA.felt.xx} := 32 \text{ mm}$$

$$s_{felt.xx} := 100 \text{ mm}$$

$$\phi_{LA.felt.yy} := 32 \text{ mm}$$

$$s_{felt.yy} := 150 \text{ mm}$$

Armeringsareal **støtte**:

$$A_{s.støtte.yy} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_{LA.støtte.yy}}{2} \right)^2 \frac{1 \text{ m}}{s_{støtte.yy}} = 9666 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.støtte.xx} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_{LA.støtte.xx}}{2} \right)^2 \frac{1 \text{ m}}{s_{støtte.xx}} = 12566 \text{ mm}^2$$

Armeringsareal **felt**:

$$A_{s.felt.yy} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_{LA.felt.yy}}{2} \right)^2 \frac{1 \text{ m}}{s_{felt.yy}} = 5362 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.felt.xx} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_{LA.felt.xx}}{2} \right)^2 \frac{1 \text{ m}}{s_{felt.xx}} = 8042 \text{ mm}^2$$

Effektiv høyde **støtte**:

$$d_{støtte.xx} := h - \left( C_{nom} + \frac{\phi_{LA.støtte.xx}}{2} \right) = 510 \text{ mm}$$

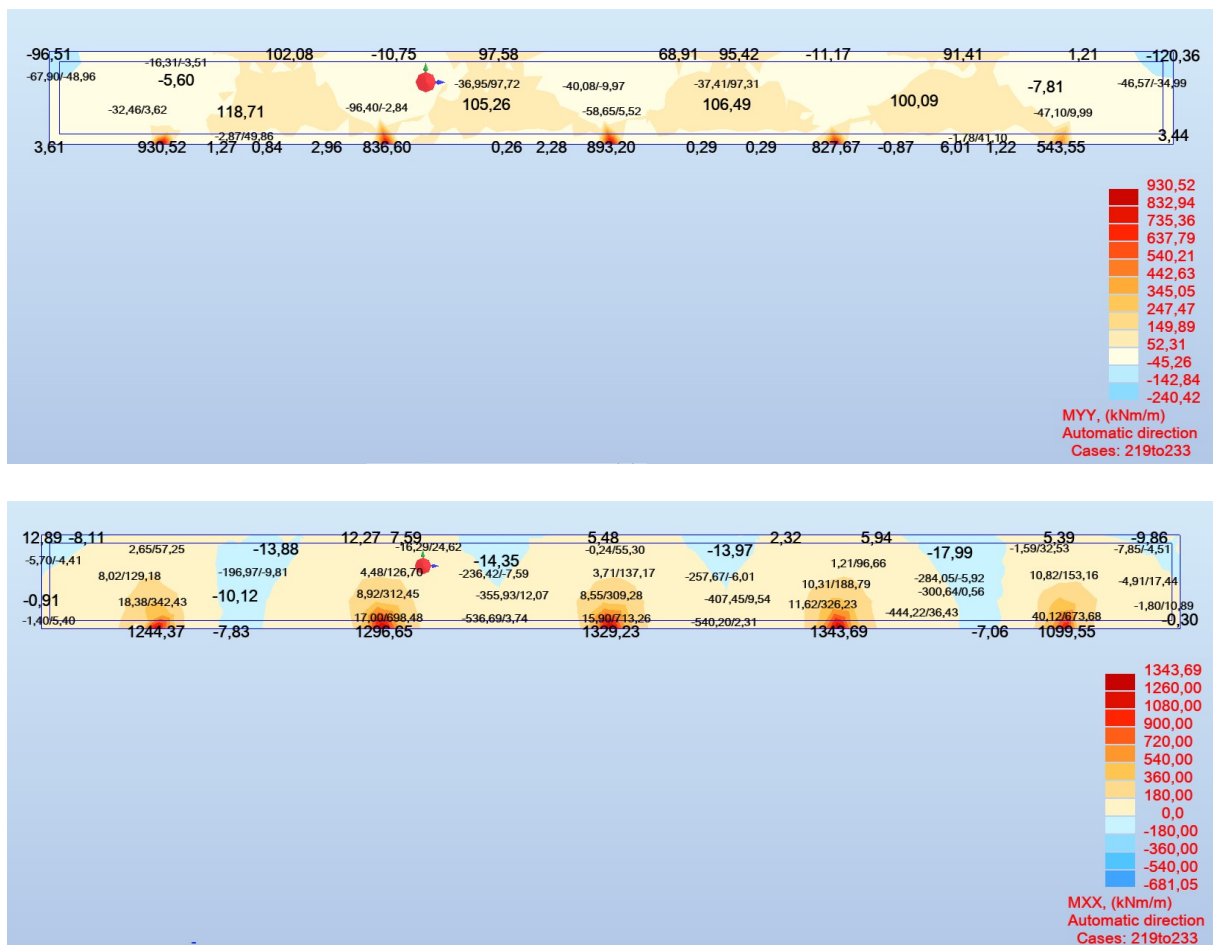
$$d_{støtte.yy} := h - \left( C_{nom} + \frac{\phi_{LA.støtte.yy}}{2} \right) - \phi_{LA.støtte.xx} = 470 \text{ mm}$$

Effektiv høyde **felt**:

$$d_{felt.xx} := h - \left( C_{nom} + \frac{\phi_{LA.felt.xx}}{2} \right) = 514 \text{ mm}$$

$$d_{felt.yy} := h - \left( C_{nom} + \frac{\phi_{LA.felt.yy}}{2} \right) - \phi_{LA.felt.xx} = 482 \text{ mm}$$

**Figur:**



### Dimensjonerende moment SLS:

(Sjekker værste tilfeller over støttepunkt og mellom støttepunkt)

Dimensjonerende moment **støttepunkt** (Fra Autodesk Robot):

(strekk i overkant av dekke)

$$M_{Ed;støtte.xx} := 1343.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;støtte.yy} := 893.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Dimensjonerende moment **felt** (Fra Autodesk Robot):

(strekk i underkant og overkant av dekke)

$$M_{Ed;felt.xx} := 883.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;felt.yy} := 540.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Nedbøyningsberegning:

### Materialstivhetsforhold:

$$\eta := \frac{E_s}{E_c} = 5.882$$

### Armeringsforhold:

(Sørensen s.116)

$$\rho_{støtte.yy} := \frac{A_{s.støtte.yy}}{(b \cdot d_{støtte.yy})} = 0.021$$

$$\rho_{støtte.xx} := \frac{A_{s.støtte.xx}}{(b \cdot d_{støtte.xx})} = 0.025$$

$$\rho_{felt.yy} := \frac{A_{s.felt.yy}}{(b \cdot d_{felt.yy})} = 0.011$$

$$\rho_{felt.xx} := \frac{A_{s.felt.xx}}{(b \cdot d_{felt.xx})} = 0.016$$

$$\eta \rho_{støtte.yy} := \eta \cdot \rho_{støtte.yy} = 0.121$$

$$\alpha_{støtte.yy} := \sqrt{(\eta \rho_{støtte.yy})^2 + 2 \cdot \eta \rho_{støtte.yy}} - \eta \rho_{støtte.yy} = 0.386 \quad \text{Sørensen (lign. 5.5)}$$

$$\eta \rho_{støtte.xx} := \eta \cdot \rho_{støtte.xx} = 0.145$$

$$\alpha_{støtte.xx} := \sqrt{(\eta \rho_{støtte.xx})^2 + 2 \cdot \eta \rho_{støtte.xx}} - \eta \rho_{støtte.xx} = 0.413$$

$$\eta \rho_{felt.yy} := \eta \cdot \rho_{felt.yy} = 0.065$$

$$\alpha_{felt.yy} := \sqrt{(\eta \rho_{felt.yy})^2 + 2 \cdot \eta \rho_{felt.yy}} - \eta \rho_{felt.yy} = 0.302$$

$$\eta \rho_{felt.xx} := \eta \cdot \rho_{felt.xx} = 0.092$$

$$\alpha_{felt.xx} := \sqrt{(\eta \rho_{felt.xx})^2 + 2 \cdot \eta \rho_{felt.xx}} - \eta \rho_{felt.xx} = 0.347$$

### Betongtrykksonen:

$$I_{c.støtte.yy} := 0.5 \cdot \alpha_{støtte.yy}^2 \left( 1 - \frac{\alpha_{støtte.yy}}{3} \right) \cdot b \cdot d_{støtte.yy}^3 = (7 \cdot 10^9) \text{ mm}^4 \quad \text{Sørensen (lign. 5.9)}$$

$$I_{c.støtte.xx} := 0.5 \cdot \alpha_{støtte.xx}^2 \left( 1 - \frac{\alpha_{støtte.xx}}{3} \right) \cdot b \cdot d_{støtte.xx}^3 = (10 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$I_{c.felt.yy} := 0.5 \cdot \alpha_{felt.yy}^2 \left( 1 - \frac{\alpha_{felt.yy}}{3} \right) \cdot b \cdot d_{felt.yy}^3 = (5 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$I_{c.felt.xx} := 0.5 \cdot \alpha_{felt.xx}^2 \left( 1 - \frac{\alpha_{felt.xx}}{3} \right) \cdot b \cdot d_{felt.xx}^3 = (7 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

## Vedlegg 6: Dimensjonering av frontskjørt - bruksgrensetilstand (SLS)

### Elastisitetsmodul:

$$EI_{støtte.yy} := E_c \cdot I_{c.støtte.yy} = (2 \cdot 10^{14}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2 \quad \text{Sørensen (lign.5.10)}$$

$$EI_{støtte.xx} := E_c \cdot I_{c.støtte.xx} = (3 \cdot 10^{14}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{felt.yy} := E_c \cdot I_{c.felt.yy} = (2 \cdot 10^{14}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{felt.xx} := E_c \cdot I_{c.felt.xx} = (2 \cdot 10^{14}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

### Nedbøyning:

$$\delta_{max} := 7.26 \text{ mm} \text{ (Hentet fra ROBOT)}$$

$$\frac{L_y}{250} = 16 \text{ mm}$$

$$\frac{L_x}{250} = 36 \text{ mm}$$

EC2, 7.4.1(4)

**Konstruksjonen er godkjent for nedbøyning**

### **RISSVIDDEKONTROLL (STØTTE):**

$k_c - \text{verdi}$	$k_c := C_{nom} \div C_{min,dur} = 1.167$	EC2, NA.7.3.1(5)
Maksimal rissvidde:	$W_{max} := 0.30 \cdot k_c = 0.35$	EC2, Tabell 7.1N

### Spennning i armering beregning: Sørensen (lign. 5.5)

$$\sigma_{s.støtte.yy} := E_s \cdot \frac{M_{Ed,støtte.yy} \cdot (1 - \alpha_{støtte.yy}) \cdot d_{støtte.yy}}{EI_{støtte.yy}} = 226 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s.støtte.xx} := E_s \cdot \frac{M_{Ed,støtte.xx} \cdot (1 - \alpha_{støtte.xx}) \cdot d_{støtte.xx}}{EI_{støtte.xx}} = 243 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s.felt.yy} := E_s \cdot \frac{M_{Ed,felt.yy} \cdot (1 - \alpha_{felt.yy}) \cdot d_{felt.yy}}{EI_{felt.yy}} = 232 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s.felt.xx} := E_s \cdot \frac{M_{Ed,felt.xx} \cdot (1 - \alpha_{felt.xx}) \cdot d_{felt.xx}}{EI_{felt.xx}} = 242 \text{ MPa}$$

## Vedlegg 6: Dimensjonering av frontskjørt - bruksgrensetilstand (SLS)

Gjør da en risskontroll ved beregning av rissvidde:

Tillatt rissvidde:  $W_{max} = 0.35$

fct;eff-verdi  $f_{ct;eff} := 3.8 \text{ MPa}$  (EC2, Tabell 3.1 for B45)

Hc.eff-verdi: (EC2, 7.3.2(3))

$$h_{c;eff.støtte.yy} := \min \left( 2.5 (h - d_{støtte.yy}), \left( \frac{h - \alpha_{støtte.yy} \cdot d_{støtte.yy}}{3} \right), \frac{h}{2} \right) = 140 \text{ mm}$$

$$h_{c;eff.støtte.xx} := \min \left( 2.5 (h - d_{støtte.yy}), \left( \frac{h - \alpha_{støtte.yy} \cdot d_{støtte.yy}}{3} \right), \frac{h}{2} \right) = 140 \text{ mm}$$

$$h_{c;eff.felt.yy} := \min \left( 2.5 (h - d_{felt.yy}), \left( \frac{h - \alpha_{felt.yy} \cdot d_{felt.yy}}{3} \right), \frac{h}{2} \right) = 151 \text{ mm}$$

$$h_{c;eff.felt.xx} := \min \left( 2.5 (h - d_{felt.xx}), \left( \frac{h - \alpha_{felt.xx} \cdot d_{felt.xx}}{3} \right), \frac{h}{2} \right) = 141 \text{ mm}$$

Ac;eff-verdi: (EC2, 7.3.2(3))

$$A_{c;eff.støtte.yy} := b \cdot h_{c;eff.støtte.yy} = 139593 \text{ mm}^2$$

$$A_{c;eff.støtte.xx} := b \cdot h_{c;eff.støtte.xx} = 139593 \text{ mm}^2$$

$$A_{c;eff.felt.yy} := b \cdot h_{c;eff.felt.yy} = 151448 \text{ mm}^2$$

$$A_{c;eff.felt.xx} := b \cdot h_{c;eff.felt.xx} = 140587 \text{ mm}^2$$

Forholdstall mellom areal:

$$\rho_{p;eff.støtte.yy} := \frac{A_{s.støtte.yy}}{A_{c;eff.støtte.yy}} = 0.069$$

$$\rho_{p;eff.støtte.xx} := \frac{A_{s.støtte.xx}}{A_{c;eff.støtte.xx}} = 0.09$$

$$\rho_{p;eff.felt.yy} := \frac{A_{s.felt.yy}}{A_{c;eff.felt.yy}} = 0.035$$

$$\rho_{p;eff.felt.xx} := \frac{A_{s.felt.xx}}{A_{c;eff.felt.xx}} = 0.057$$

$\eta$ -verdi  $\eta := \frac{E_s}{E_c} = 5.882$

Tøyningsdifferens:

Tøyningsdifferens etter Sørensen (lign 5.59):

$$k_1 := 0.4 \quad (\text{for langvarig last})$$

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ :

$$\varepsilon_{1.støtte.yy} := \frac{\sigma_{s.støtte.yy} - k_1 \cdot (f_{ct;eff} \div \rho_{p;eff.støtte.yy}) (1 + \eta \cdot \rho_{p;eff.støtte.yy})}{E_s} = 0.001$$

$$\varepsilon_{1.felt.yy} := \frac{\sigma_{s.felt.yy} - k_1 \cdot (f_{ct;eff} \div \rho_{p;eff.felt.yy}) (1 + \eta \cdot \rho_{p;eff.felt.yy})}{E_s} = 0.0009$$

$$\varepsilon_{2.støtte.yy} := 0.6 \cdot \sigma_{s.støtte.yy} \div E_s = 0.0007$$

$$\varepsilon_{2.felt.yy} := 0.6 \cdot \sigma_{s.felt.yy} \div E_s = 0.0007$$

$$\varepsilon_{støtte.yy} := \max(\varepsilon_{1.støtte.yy}, \varepsilon_{2.støtte.yy}) = 0.001$$

$$\varepsilon_{felt.yy} := \max(\varepsilon_{1.felt.yy}, \varepsilon_{2.felt.yy}) = 0.0009$$

EC2, 7.3.4(2):

$$\varepsilon_{1.støtte.xx} := \frac{\sigma_{s.støtte.xx} - k_1 \cdot (f_{ct;eff} \div \rho_{p;eff.støtte.xx}) (1 + \eta \cdot \rho_{p;eff.støtte.xx})}{E_s} = 0.0011$$

$$\varepsilon_{1.felt.xx} := \frac{\sigma_{s.felt.xx} - k_1 \cdot (f_{ct;eff} \div \rho_{p;eff.felt.xx}) (1 + \eta \cdot \rho_{p;eff.felt.xx})}{E_s} = 0.001$$

$$\varepsilon_{2.støtte.xx} := 0.6 \cdot \sigma_{s.støtte.xx} \div E_s = 0.0007$$

$$\varepsilon_{2.felt.xx} := 0.6 \cdot \sigma_{s.felt.xx} \div E_s = 0.0007$$

$$\varepsilon_{støtte.xx} := \max(\varepsilon_{1.støtte.xx}, \varepsilon_{2.støtte.xx}) = 0.0011$$

$$\varepsilon_{felt.xx} := \max(\varepsilon_{1.felt.xx}, \varepsilon_{2.felt.xx}) = 0.001$$

Største endelige rissavstand: EC2, 7.3.4(3):

k1-verdi (Faktor for lastens varighet):	$k_1 := 0.8$	EC2, 4.3.4(3) - kamstål
k2-verdi:	$k_2 := 0.5$	EC2, 4.3.4(3) - bøyning
k3-verdi:	$k_3 := 3.4$	EC2, NA. 7.3.4(3)
k4-verdi:	$k_4 := 0.425$	EC2, NA. 7.3.4(3)

$$s_{støtte.yy} = 130 \text{ mm}$$

$$s_{støtte.xx} = 100 \text{ mm}$$

$$s_{felt.yy} = 150 \text{ mm}$$

$$s_{felt.xx} = 100 \text{ mm}$$

## Vedlegg 6: Dimensjonering av frontskjørt - bruksgrensetilstand (SLS)

$$S_{støtte;krav.yy} := 5 \cdot (C_{nom} + \phi_{LA.støtte.yy} \div 2) = 450 \text{ mm}$$

$$S_{støtte;krav.xx} := 5 \cdot (C_{nom} + \phi_{LA.støtte.xx} \div 2) = 450 \text{ mm}$$

$$S_{felt;krav.yy} := 5 \cdot (C_{nom} + \phi_{LA.felt.yy} \div 2) = 430 \text{ mm}$$

$$S_{felt;krav.xx} := 5 \cdot (C_{nom} + \phi_{LA.felt.xx} \div 2) = 430 \text{ mm}$$

*Senteravstand < krav = benytter likning (5.60) til  $S_{r;max}$*

$$S_{r;max.støtte.yy} := k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{LA.støtte.yy} \div \rho_{p;eff.støtte.yy} = 336 \text{ mm}$$

$$S_{r;max.støtte.xx} := k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{LA.støtte.xx} \div \rho_{p;eff.støtte.xx} = 314 \text{ mm}$$

$$S_{r;max.felt.yy} := k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{LA.felt.yy} \div \rho_{p;eff.felt.yy} = 392 \text{ mm}$$

$$S_{r;max.felt.xx} := k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{LA.felt.xx} \div \rho_{p;eff.felt.xx} = 333 \text{ mm}$$

Beregnet rissvidde: EC2, 7.3.4(2)

$$W_{k.støtte.yy} := S_{r;max.støtte.yy} \cdot \varepsilon_{støtte.yy} = 0.33 \text{ mm}$$

$$W_{k.støtte.xx} := S_{r;max.støtte.xx} \cdot \varepsilon_{støtte.xx} = 0.34 \text{ mm}$$

$$W_{k.felt.yy} := S_{r;max.felt.yy} \cdot \varepsilon_{felt.yy} = 0.35 \text{ mm}$$

$$W_{k.felt.xx} := S_{r;max.felt.xx} \cdot \varepsilon_{felt.xx} = 0.34 \text{ mm}$$

$$W_{max} = 0.35$$

Dvs.

$W_k < W_{max}$  = krav til rissvidde på støtte og felt er tilfredsstilt.