

## DIMENSJONERING AV FRONTSKJØRT - BRUDDGRENSETILSTAND (SLS)

### Egenskaper:

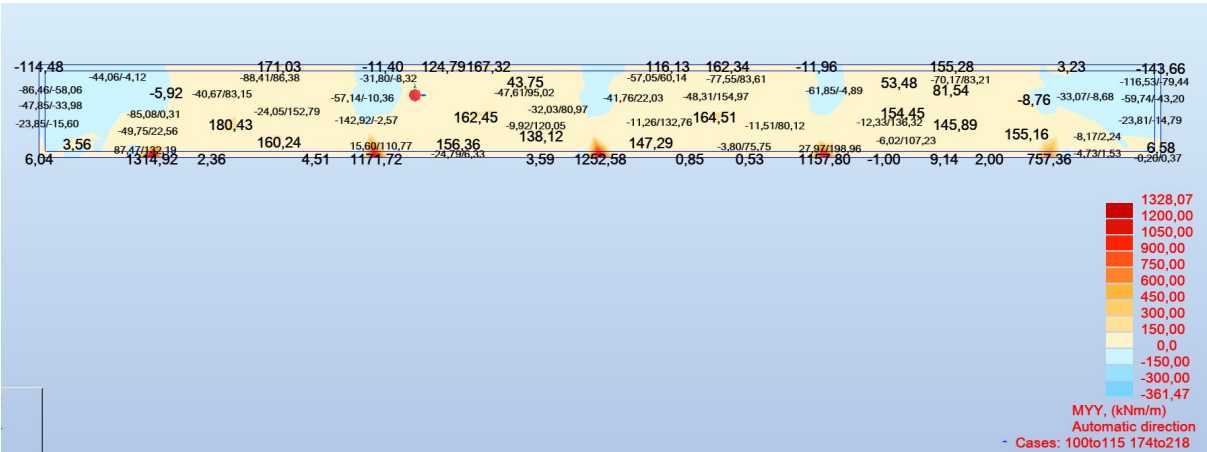
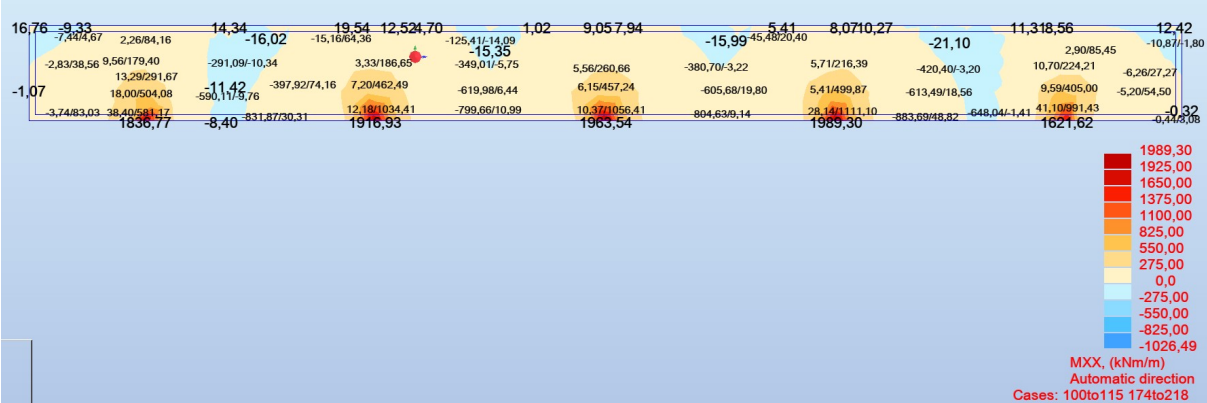
Fasthet for betong B45:	(EC2, Tabell 3.1)	$f_{ck} := 45 \frac{N}{mm^2}$
Fasthet for stål B500NC:		$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$
Strekfasthet:	(EC2, Tabell 3.1)	$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$
Overdekning:	(EC2 §4.4.1)	$C_{nom} := 70 \text{ mm}$
Materialfaktor betong:	(EC2 Tabell 2.1N)	$\gamma_b := 1.50$
Materialfaktor armering:	(EC2 Tabell 2.1N)	$\gamma_a := 1.15$
K-verdi:	Sørensen (tabell 4.3)	$k := 0.275$
Dimensjonerende stålfasthet:	(EC2 §3.2.7)	$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_a} = 435 \text{ MPa}$

### Dimensjoner

Lengde i spennretning y-retning:	$L_y := 4 \text{ m}$
Lengde i spennretning x-retning:	$L_x := 9 \text{ m}$
Tykkelse:	$h := 0.6 \text{ m}$
Bredde:	$b := 1.000 \text{ m}$

Tegninger av krefter:

Momentkrefter:



Skjærkrefter:



### Dimensjonerende moment:

(Sjekker værste tilfeller over støttepunkt og mellom støttepunkt)

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

(strekk i overkant av dekke)

$$M_{Ed;støtte.xx} := 1989.30 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;støtte.yy} := 1252.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

(strekk i underkant og overkant av dekke)

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

$$M_{Ed;felt.yy} := 180.43 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Armering

Lengdearmering **støtte**:

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

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

Effektiv høyde **støtte**:

$$d_{1;støtte} := C_{nom} + \frac{\phi_{LA.støtte.xx}}{2} = 90 \text{ mm}$$

$$d_{støtte.xx} := h - d_{1;støtte} = 510 \text{ mm}$$

$$d_{støtte.yy} := h - d_{1;støtte} - \phi_{LA.støtte.xx} = 470 \text{ mm}$$

Lengdearmering **felt**:

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

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

Effektiv høyde **felt**:

$$d_{1;felt} := C_{nom} + \frac{\phi_{LA.felt.xx}}{2} = 86 \text{ mm}$$

$$d_{felt.xx} := h - d_{1;felt} = 514 \text{ mm}$$

$$d_{felt.yy} := h - d_{1;felt} - \phi_{LA.felt.xx} = 482 \text{ mm}$$

### Trykksonens momentkapasitet:

$$M_{Rd;støtte.xx} := k \cdot f_{ck} \cdot b \cdot (d_{støtte.xx})^2 = 3219 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd;støtte.yy} := k \cdot f_{ck} \cdot b \cdot (d_{støtte.yy})^2 = 2734 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd;felt.xx} := k \cdot f_{ck} \cdot b \cdot (d_{felt.xx})^2 = 3269 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd;felt.yy} := k \cdot f_{ck} \cdot b \cdot (d_{felt.yy})^2 = 2875 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Nødvendig strekkarmering:

#### Strekksoner støtte (delvis utnyttet trykksone):

$c=1-z/d$  . Avrundete verdier for  $c$  er gitt i Sørensen (tabell 4.5):

$$c := 0.17$$

Indre momentarm: Sørensen (lign. 4.28)

$$z_{støtte.xx} := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed;støtte.xx}}{M_{Rd;støtte.xx}}\right) \cdot d_{støtte.xx} = 456 \text{ mm}$$

$$z_{støtte.yy} := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed;støtte.yy}}{M_{Rd;støtte.yy}}\right) \cdot d_{støtte.yy} = 433 \text{ mm}$$

$$A_{s.nødv;støtte.xx} := \frac{M_{Ed;støtte.xx}}{f_{yd} \cdot z_{støtte.xx}} = 10025 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.nødv;støtte.yy} := \frac{M_{Ed;støtte.yy}}{f_{yd} \cdot z_{støtte.yy}} = 6647 \text{ mm}^2$$

Bruker armering:

$$A_{s\phi;støtte.xx} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA;støtte.xx}}{2}\right)^2 = 1257 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\phi;støtte.yy} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA;støtte.yy}}{2}\right)^2 = 1257 \text{ mm}^2$$

Nødvendig antall stenger pr. bredde:

$$n_{støtte.xx} := \frac{A_{s.nødv;støtte.xx}}{A_{s\phi;støtte.xx}} = 7.98 \quad \text{ceil}(n_{støtte.xx}) = 8$$

$$n_{støtte.yy} := \frac{A_{s.nødv;støtte.yy}}{A_{s\phi;støtte.yy}} = 5.29 \quad \text{ceil}(n_{støtte.yy}) = 6$$

Maksimal senteravstand mellom stengene: (EC2, 9.3.1.1)

$$s_{støtte.xx} := \frac{1000 \text{ mm}}{\text{ceil}(n_{støtte.xx})} = 125 \text{ mm}$$

Velger:  $s_{støtte.xx} := 100 \text{ mm}$  (Etter rissviddekontroll)

$$s_{støtte.yy} := \frac{1000 \text{ mm}}{\text{ceil}(n_{støtte.yy})} = 167 \text{ mm}$$

Velger:  $s_{støtte.yy} := 130 \text{ mm}$  (Etter rissviddekontroll)

**Strekksone felt (delvis utnyttet trykksone):**

Indre momentarm:

$$z_{felt.xx} := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed;felt.xx}}{M_{Rd;felt.xx}}\right) \cdot d_{felt.xx} = 490 \text{ mm}$$

$$z_{felt.yy} := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed;felt.yy}}{M_{Rd;felt.yy}}\right) \cdot d_{felt.yy} = 477 \text{ mm}$$

$$A_{s.nødv;felt.xx} := \frac{M_{Ed;felt.xx}}{f_{yd} \cdot z_{felt.xx}} = 4145 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.nødv;felt.yy} := \frac{M_{Ed;felt.yy}}{f_{yd} \cdot z_{felt.yy}} = 870 \text{ mm}^2$$

Bruker armering:

$$A_{s\phi;felt.xx} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA;felt.xx}}{2}\right)^2 = 804 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\phi;felt.yy} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA;felt.yy}}{2}\right)^2 = 804 \text{ mm}^2$$

Nødvendig antall stenger pr. bredde:

$$n_{felt.xx} := \frac{A_{s.nødv;felt.xx}}{A_{s\phi;felt.xx}} = 5.15 \quad \text{ceil}(n_{felt.xx}) = 6$$

$$n_{felt.yy} := \frac{A_{s.nødv;felt.yy}}{A_{s\phi;felt.yy}} = 1.08 \quad \text{ceil}(n_{felt.yy}) = 2$$

## Vedlegg 5: Dimensjonering av frontskjørt - bruddgrensetilstand (ULS)

Maksimal senteravstand mellom stengene: (EC2, 9.3.1.1)

$$s_{felt.xx} := \frac{1000 \text{ mm}}{\text{ceil}(n_{felt.xx})} = 167 \text{ mm}$$

Velger:  $s_{felt.xx} := 100 \text{ mm}$  (Etter rissviddekontroll)

$$s_{felt.yy} := \frac{1000 \text{ mm}}{\text{ceil}(n_{felt.yy})} = 500 \text{ mm}$$

Velger:  $s_{felt.yy} := 150 \text{ mm}$  (Etter rissviddekontroll)

### Kontroller minimumsarmering og senteravstand:

Minimum armeringstverrsnitt (støtte):

$$A_{s,min;støtte} \leq A_{s;støtte}$$

$$A_{s;støtte.xx} := A_{s\phi;støtte.xx} \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{s_{støtte.xx}} = 12566 \text{ mm}^2$$

$$A_{s;støtte.yy} := A_{s\phi;støtte.yy} \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{s_{støtte.yy}} = 9666 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min1;støtte.xx} := 0.26 \cdot b \cdot d_{støtte.xx} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 1008 \text{ mm}^2 \quad (\text{EC2, NA.9.2.1.1(1)})$$

$$A_{s,min1;støtte.yy} := 0.26 \cdot b \cdot d_{støtte.yy} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 929 \text{ mm}^2$$

men også

$$A_{s,min2;støtte.xx} := 0.0013 \cdot b \cdot d_{støtte.xx} = 663 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min2;støtte.yy} := 0.0013 \cdot b \cdot d_{støtte.yy} = 611 \text{ mm}^2$$

Maksimal senteravstand (støtte):

Områder med konsentrerte laster og max moment:

$$s_{max;dekke1} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Minimum armeringstverrsnitt (felt):

$$A_{s,min;felt} \leq A_{s;felt}$$

$$A_{s;felt.xx} := A_{s\phi;felt.xx} \cdot 1000 \frac{mm}{s_{felt.xx}} = 8042 \text{ mm}^2$$

$$A_{s;felt.yy} := A_{s\phi;felt.yy} \cdot 1000 \frac{mm}{s_{felt.yy}} = 5362 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min1;felt.xx} := 0.26 \cdot b \cdot d_{felt.xx} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 1016 \text{ mm}^2 \quad (EC2, NA.9.2.1.1(1))$$

$$A_{s,min1;felt.yy} := 0.26 \cdot b \cdot d_{felt.yy} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 952 \text{ mm}^2$$

men også

$$A_{s,min2;felt.xx} := 0.0013 \cdot b \cdot d_{felt.xx} = 668 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min2;felt.yy} := 0.0013 \cdot b \cdot d_{felt.yy} = 627 \text{ mm}^2$$

Maksimal senteravstand (felt):

$$s_{max;dekke1} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

**Minimumsavstand mellom armeringsstenger EC2; NA.8.2(2):**

$$d_g := 16 \text{ mm} \quad k_1 := 2 \quad k_2 := 5 \text{ mm}$$

Avstand mellom samme lag:

$$a_{h,støtte.xx} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA,støtte.xx}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 80 \text{ mm}$$

$$a_{h,støtte.yy} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA,støtte.yy}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 80 \text{ mm}$$

$$a_{h,felt.xx} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA,felt.xx}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$$

$$a_{h,felt.yy} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA,felt.yy}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$$

## Vedlegg 5: Dimensjonering av frontskjørt - bruddgrensetilstand (ULS)

Avstand mellom ulike lag:

$$k_1 := 1.5$$

$$a_{v.støtte.xx} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA.støtte.xx}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 60 \text{ mm}$$

$$a_{v.støtte.yy} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA.støtte.yy}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 60 \text{ mm}$$

$$a_{v.felt.xx} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA.felt.xx}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 48 \text{ mm}$$

$$a_{v.felt.yy} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA.felt.yy}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 48 \text{ mm}$$

### Velger armering:

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**:

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

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

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

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

### Kontroll av maksimumsarmering EC2 9.2.1.1 (3):

$$A_c := b \cdot h = 600000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} := 0.04 A_c = 24000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,x} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_{LA.støtte.xx}}{2} \right)^2 \cdot \frac{b}{s_{støtte.xx}} + \pi \cdot \left( \frac{\phi_{LA.felt.xx}}{2} \right)^2 \cdot \frac{b}{s_{felt.xx}} = 20609 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,y} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_{LA.støtte.yy}}{2} \right)^2 \cdot \frac{b}{s_{støtte.yy}} + \pi \cdot \left( \frac{\phi_{LA.felt.yy}}{2} \right)^2 \cdot \frac{b}{s_{felt.yy}} = 15028 \text{ mm}^2$$



## Skjærkraftskapasitet etter EC2:

Gjør verdiene dimensjonsløse:

$$\begin{aligned} \bar{b} &:= \frac{b \cdot 10^3}{\text{mm}} = 1000 & A_s &:= \frac{A_{s\phi;felt.xx}}{\text{mm}^2} = 804 \\ d &:= \frac{d_{felt.xx}}{\text{mm}} = 514 & \bar{f}_{ck} &:= \frac{f_{ck}}{\frac{N}{\text{mm}^2}} = 45 \end{aligned}$$

Finner skjærkraftskapasitet:

$$\bar{k}_2 := 0.18$$

$$C_{Rd} := \frac{k_2}{\gamma_b} = 0.12$$

EC2, NA. 6.2.2

$$\bar{k} := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.624$$

EC2, NA. 6.2.2

$$\rho_L := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.002$$

EC2, NA. 6.2.2

Skjærstrekkkapasitet uten skjærarmering er gitt ved ligning:

$$V_{Rd;felt.xx} := C_{Rd} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \cdot N = 192 \text{ kN}$$

Gjør verdiene dimensjonsløse:

$$\bar{d} := \frac{d_{felt.yy}}{\text{mm}} = 482 \quad \bar{A}_s := \frac{A_{s\phi;felt.yy}}{\text{mm}^2} = 804$$

Finner skjærkraftskapasitet:

$$\bar{k}_2 := 0.18$$

$$\bar{C}_{Rd} := \frac{k_2}{\gamma_b} = 0.12$$

EC2, NA. 6.2.2(1)

$$\bar{k} := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.644$$

$$\bar{\rho}_L := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.002$$

Skjærstrekkkapasitet uten skjærarmering er gitt ved ligning:

$$V_{Rd, felt.yy} := C_{Rd} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \cdot N = 186 \text{ kN}$$

Gjør verdiene dimensjonsløse:

$$\boxed{d} := \frac{d_{støtte.xx}}{\text{mm}} = 510 \quad \boxed{A_s} := \frac{A_{s\phi; støtte.xx}}{\text{mm}^2} = 1257$$

Finner skjærkraftskapasitet:

$$\boxed{k_2} := 0.18$$

$$\boxed{C_{Rd}} := \frac{k_2}{\gamma_b} = 0.12$$

$$\boxed{k} := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.626$$

$$\boxed{\rho_L} := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.002$$

Skjærstrekkkapasitet:

$$V_{Rd, støtte.xx} := C_{Rd} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \cdot N = 222 \text{ kN}$$

Gjør verdiene dimensjonsløse:

$$\boxed{d} := \frac{d_{støtte.yy}}{\text{mm}} = 470 \quad \boxed{A_s} := \frac{A_{s\phi; felt.yy}}{\text{mm}^2} = 804$$

Finner skjærkraftskapasitet:

$$\boxed{k_2} := 0.18$$

$$\boxed{C_{Rd}} := \frac{k_2}{\gamma_b} = 0.12$$

$$\boxed{k} := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.652$$

$$\boxed{\rho_L} := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.002$$

Skjærstrekkkapasitet uten skjærarmering er gitt ved ligning:

$$V_{Rd, støtte.yy} := C_{Rd} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \cdot N = 184 \text{ kN}$$

Skjærekraftskapasiteten er ikke tilstrekkelig, slik at det beregningsmessig er nødvendig med skjærarmering. Dette er spesielt i områdene der tverbjelkene er plassert. Løsninger med forsterkningsplater eller vouter må undersøkes. Dette er ikke undersøkt. Det er heller ikke tatt hensyn til reduksjon av skjærkrefter nær opplegg.