

Beregning av spennkraft, senteravstand og dimensjonerende jevnt fordelt last.

Relevante verdier:

Diameter og radius:

$$D := 50 \text{ m}$$

$$r := \frac{D}{2} = 25 \text{ m}$$

Omkrets:

$$O := 2 \cdot \pi \cdot r = 157.08 \text{ m}$$

Tyngdetetthet saltvann:

$$\gamma := 10.04 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Høyde tank:

$$H_{\text{tank}} := 15 \text{ m}$$

Bufferhøyde:

$$H_{\text{buffer}} := 0.5 \text{ m}$$

$$H := H_{\text{tank}} - H_{\text{buffer}} = 14.5 \text{ m}$$

Veggtykkelse

$$t := 220 \text{ mm}$$

Antall lameller

$$\text{Lameller} := 15$$

Lamellhøyde

$$\text{Lam} := 1000 \text{ mm}$$

Høyde til midt lamell fra bunn:

$$i := 1 \dots 15 \quad y_i := (i - 0.5) \cdot \text{m}$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 1.5 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ m}$$

Øverste tall i matrisene representerer i dette arket verdien for bunnen i tanken

Ringspenning ved avstand "y" fra bunnen:
Maksimum ringspenning i bunn av tanken
(øverste verdi i matrisa)

$$f_R := \gamma \cdot (H - y) \cdot \frac{r}{t} = \begin{bmatrix} 16.543 \\ 15.973 \\ 14.832 \\ 13.691 \\ 12.55 \\ 11.409 \\ 10.268 \\ 9.127 \\ 7.986 \\ 6.845 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ MPa}$$

Tilhørende ringkraft er gitt ved:

$$F := \gamma \cdot (H - y) \cdot r = \begin{bmatrix} 3639.5 \\ 3514 \\ 3263 \\ 3012 \\ 2761 \\ 2510 \\ 2259 \\ 2008 \\ 1757 \\ 1506 \\ 1255 \\ 1004 \\ 753 \\ 502 \\ 251 \\ 0 \end{bmatrix} \frac{kN}{m}$$

Sikkerhetsfaktor for å forsikre at konstruksjonen er i konstant trykk etter oppfylling (Rest-ringtrykk):

$$f_{cv} := 1.5 \text{ MPa}$$

Relevante egenskaper spennarmering:

Spennnap koeffisient iht. veiledning:

$$k_0 := 0.85$$

reduksjonskoeffisienter iht. EC2:

$$k_1 := 0.8$$

$$k_2 := 0.9$$

Tverrsnittsareal:

$$A_p := 150 \text{ mm}^2$$

Diameter kabelkanal:

$$\phi := 20 \text{ mm}$$

Karakteristisk fasthet

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa}$$

Bruddstyrke:

$$P_{pk} := f_{pk} \cdot A_p = 279 \text{ kN}$$

Karakteristisk "0.1%-grense"

$$f_{p0.1k} := 1670 \text{ MPa}$$

Flytestyrke:

$$P_{p0.1k} := f_{p0.1k} \cdot A_p = 250.5 \text{ kN}$$

Største spenning:

$$\sigma_{p.max} := \min(f_{pk} \cdot k_1, f_{p0.1k} \cdot k_2) = 1488 \text{ MPa}$$

Spennkraft før tap av spennkraft:

$$P_{p.max} := \sigma_{p.max} \cdot A_p = 223.2 \text{ kN}$$

Spennkraft etter tap av spennkraft:

$$P_p := P_{p.max} \cdot k_0 = 189.72 \text{ kN}$$

Total ringkraft inkl. rest trykkfasthet:

$$F_{tot} := F + f_{cv} \cdot t =$$

$$\begin{bmatrix} 3.97 \cdot 10^3 \\ 3.844 \cdot 10^3 \\ 3.593 \cdot 10^3 \\ 3.342 \cdot 10^3 \\ \vdots \end{bmatrix} \frac{kN}{m}$$

Øverste verdi i matrisa er ringkraft helt nederst i tanken og inngår ikke i lamellene.

Total ringkraft inkl. rest-ringtrykk pr lamell:

$$F_{lam} :=$$

$$\begin{bmatrix} F_{tot_1} \\ F_{tot_2} \\ F_{tot_3} \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3844 \\ 3593 \\ 3342 \\ 3091 \\ 2840 \\ 2589 \\ 2338 \\ 2087 \\ 1836 \\ 1585 \\ 1334 \\ 1083 \\ 832 \\ 581 \\ 330 \end{bmatrix} \frac{kN}{m}$$

Antall spenntau pr lamell -
bunn til topp:

$$Ant := \frac{F_{lam}}{P_p} \cdot Lam =$$

$$\begin{bmatrix} 20.3 \\ 18.9 \\ 17.6 \\ 16.3 \\ 15 \\ 13.6 \\ 12.3 \\ 11 \\ 9.7 \\ 8.4 \\ 7 \\ 5.7 \\ 4.4 \\ 3.1 \\ 1.7 \end{bmatrix}$$

Senteravstand mellom
kabelkanalene:

$$S_1 := \frac{Lam}{Ant} =$$

$$\begin{bmatrix} 49.355 \\ 52.803 \\ 56.768 \\ 61.378 \\ 66.803 \\ 73.279 \\ 81.146 \\ 90.906 \\ 103.333 \\ 119.697 \\ 142.219 \\ 175.18 \\ 228.029 \\ 326.54 \\ 574.909 \end{bmatrix} mm$$

Krav til minste frie avstand mellom kabelkanaler iht EC2:

Største tilslagsstørrelse: $d_g := 16 \text{ mm}$

$Avstand_{krav} := \max(d_g, \phi, 40 \text{ mm}) = 40 \text{ mm}$

Fri avstand mellom kablene:

$Fri_1 := S_1 - \phi =$

$\begin{bmatrix} 29.355 \\ 32.803 \\ 36.768 \\ 41.378 \\ 46.803 \\ 53.279 \\ 61.146 \\ 70.906 \\ 83.333 \\ 99.697 \\ 122.219 \\ 155.18 \\ 208.029 \\ 306.54 \\ 554.909 \end{bmatrix} \text{ mm}$

Ser at kablene må legges dobbelt i de nederste tre lamellene for å tilfredsstille krav

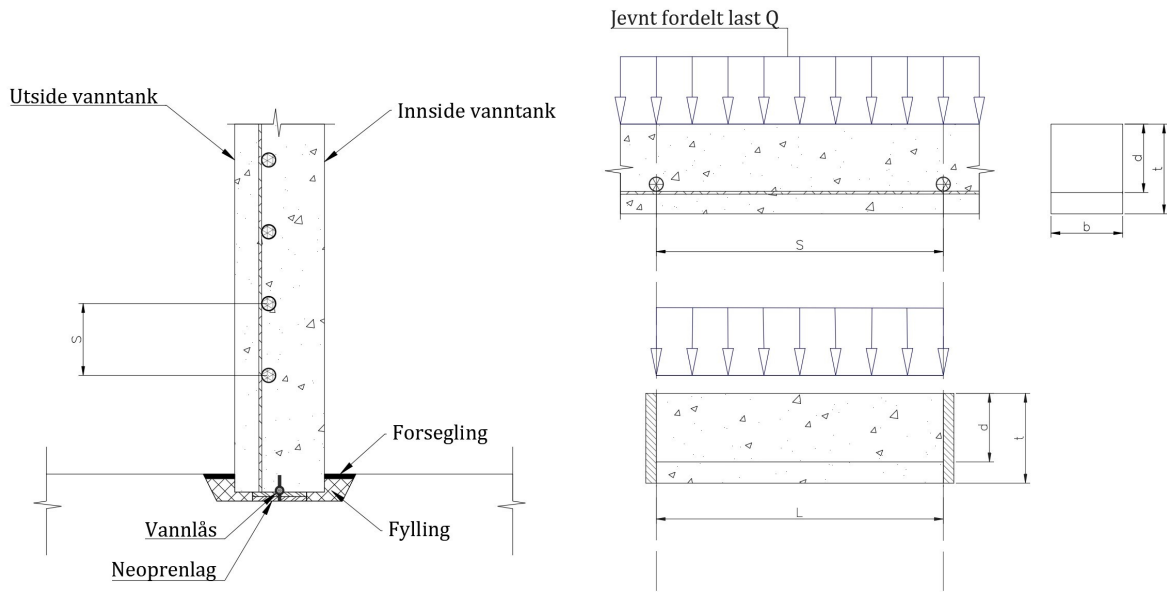
Senteravstand etter justering

$S :=$

$\begin{bmatrix} S_{1_0} \cdot 2 \\ S_{1_1} \cdot 2 \\ S_{1_2} \cdot 2 \\ \vdots \end{bmatrix}$

$= \begin{bmatrix} 98.71 \\ 105.605 \\ 113.537 \\ 61.378 \\ 66.803 \\ 73.279 \\ 81.146 \\ 90.906 \\ 103.333 \\ 119.697 \\ 142.219 \\ 175.18 \\ 228.029 \\ 326.54 \\ 574.909 \end{bmatrix} \text{ mm}$

Senteravstanden brukes videre som lengde(L) i den idealiserte beregningsmodellen



Tykkelse vegg(tverrsnitt):

$$t = 220 \text{ mm} \quad h := t$$

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

Bredde snitt plate:

$$b := 1000 \text{ mm} \quad b_t := b$$

Tverrsnittsareal

$$A_c := h \cdot b = (2.2 \cdot 10^5) \text{ mm}^2$$

Nominell overdekning iht. EC2:

$$c_{\Delta dev} := 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} := c_{min} + c_{\Delta dev} = 60 \text{ mm}$$

$$\phi_{min} := 8 \text{ mm} \quad (\phi \text{ min. armering})$$

Tverrsnittets effektive høyde:

$$d := t - c_{nom} - \phi_{min} = 152 \text{ mm}$$

Lengde på idealisert plate pr lamell: $L := S =$

$$\begin{bmatrix} 98.71 \\ 105.605 \\ 113.537 \\ 61.378 \\ 66.803 \\ 73.279 \\ 81.146 \\ 90.906 \\ 103.333 \\ 119.697 \\ 142.219 \\ 175.18 \\ 228.029 \\ 326.54 \\ 574.909 \end{bmatrix} \text{ mm}$$

Jevt fordelt last bunn til topp:

$$Q := \gamma \cdot (H - y) = \begin{bmatrix} 145.58 \\ 140.56 \\ 130.52 \\ 120.48 \\ 110.44 \\ 100.4 \\ 90.36 \\ 80.32 \\ 70.28 \\ 60.24 \\ 50.2 \\ 40.16 \\ 30.12 \\ 20.08 \\ 10.04 \\ 0 \end{bmatrix} \frac{kN}{m^2}$$

Dimensjonerende jevt fordelt last pr lamell:

$$Q_d := \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \end{bmatrix} \cdot Lam = \begin{bmatrix} 140.56 \\ 130.52 \\ 120.48 \\ 110.44 \\ 100.4 \\ 90.36 \\ 80.32 \\ 70.28 \\ 60.24 \\ 50.2 \\ 40.16 \\ 30.12 \\ 20.08 \\ 10.04 \\ 0 \end{bmatrix} \frac{kN}{m}$$

Momenkapasitet

Momentkapasitet er beregnet iht. EC2 og NB 38. Retningslinjer og forenklinger er hentet fra boken "betongkonstruksjoner" av Svein Ivar Sørensen

Relevante verdier:

konstanter ihht EC2 og NB 38

For vegger og søyler settes normalt $\kappa_0 := 0.5$ NB 38 s.42

$$\kappa_0 := 0.5$$

Materialfaktor for resttrekkfastheten f_{Ftud}

$$\gamma_{sf} := 1.5$$

Materialfaktor armering

$$\gamma_s := 1.15$$

Materialfaktor betong

$$\gamma_c := 1.5$$

fiberinnhold:

$$\gamma_{fiber} := 10 \frac{kg}{m^3}$$

fiber densitet:

$$\rho_{fiber} := 2100 \frac{kg}{m^3}$$

Lastfaktor armert betong

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

Lastfaktor uarmert betong

$$\alpha_{cc.pl} := 0.8$$

verdi for "k" iht. NB 38:

$$k := 1.7$$

For fasthetsklasse B20-B45:

$$K := 0.275$$

Fasthetsklasse med og uten fiber hhv. B45 og B40.

Betong:

Trykkfasthet:

$$f_{ck_uten} := 40 \text{ MPa}$$

$$f_{ck_med} := 45 \text{ MPa}$$

Dimensjonerende Trykkfasthet:

$$f_{cd_uten} := \alpha_{cc.pl} \cdot \frac{f_{ck_uten}}{\gamma_c} = 21.333 \text{ MPa}$$

$$f_{cd_med} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck_med}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$$

Midlere strekkfasthet:

$$f_{ctm_uten} := 3.5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm_med} := 3.8 \text{ MPa}$$

Strekkfasthet:

$$f_{ctd_uten} := \alpha_{cc.pl} \cdot \frac{f_{ctm_uten}}{\gamma_c} = 1.867 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd_med} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctm_med}}{\gamma_c} = 2.153 \text{ MPa}$$

Armering:

Fasthet

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

Dimensjonerende

$$f_d := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.783 \text{ MPa}$$

Basaltfiber:

Verdiene brukt i regnearket er hentet fra lab-rapport.

Midlere restbøystrekkfasthet:

$$f_{R.1m} := 3.58 \text{ MPa}$$

$$f_{R.3m} := 3.62 \text{ MPa}$$

standardavvik:

$$s_1 := 0.25$$

$$s_3 := 0.28$$

Karakteristisk restbøystrekkfasthet:

(3-3) NB 38

$$f_{Rk.1} := f_{R.1m} - (k \cdot s_1) \text{ MPa} = 3.155 \text{ MPa}$$

$$f_{Rk.3} := f_{R.3m} - (k \cdot s_3) \cdot \text{MPa} = 3.144 \text{ MPa}$$

For å unngå for gunstige resultater fra bøyeforsøk slik at spredningen i fasthet kan behandles konsistent, settes derfor en øvre grense for karakteristisk restbøystrekkfasthet tilsvarende 60% av midlere restbøystrekkfasthet, slik at:

Beregningsmessig restbøystrekkfasthet:

(4-1a) NB 38

$$f_{R.1kb} := \min(f_{Rk.1}, 0.6 \cdot f_{R.1m}) = 2.148 \text{ MPa}$$

(4-1b) NB 38

$$f_{R.3kbe} := \min(f_{Rk.3}, 0.6 \cdot f_{R.3m}) = 2.172 \text{ MPa}$$

(4-2a) NB 38.

Bruksgrensetilstanden (SLS):

Karakteristisk enaksiell resttrekkfasthet: $f_{Ftsk} := 0.45 \cdot f_{Rk.1} = 1.42 \text{ MPa}$

Effektiv resttrekkfasthet: $f_{Fts.ef} := \kappa_0 \cdot f_{Ftsk} = 0.71 \text{ MPa}$

Dimensjonerende resttrekkfasthet: $f_{Ftsd} := \frac{f_{Fts.ef}}{\gamma_{sf}} = 0.473 \text{ MPa}$

(4-2b) Nb 38

Bruddgrensetilstanden (ULS):

Karakteristisk enaksiell resttrekkfasthet: $f_{Ftuk} := 0.37 \cdot f_{Rk.3} = 1.163 \text{ MPa}$

Effektiv resttrekkfasthet: $f_{Ftu.ef} := \kappa_0 \cdot f_{Ftuk} = 0.582 \text{ MPa}$

Dimensjonerende resttrekkfasthet: $f_{Ftud} := \frac{f_{Ftu.ef}}{\gamma_{sf}} = 0.388 \text{ MPa}$

Momentkapasitet kun fiber: $M_{Rd.fiber} := 0.4 \cdot f_{Ftud} \cdot b \cdot h^2 = 7.507 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Total momentkapasitet med fiber: $M_{Rd.m} := K \cdot f_{cd.med} \cdot b \cdot d^2 + M_{Rd.fiber} = 169.524 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Total momentkapasitet uarmert: $M_{Rd.u} := K \cdot f_{cd.uten} \cdot b \cdot d^2 = 135.543 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Økning i momentkapasitet: $\text{økning} := M_{Rd.m} - M_{Rd.u} = 33.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Prosentvis økning i momentkapasitet: $\text{økning}_{prosent} := \left(\frac{M_{Rd.m}}{M_{Rd.u}} - 1 \right) \cdot 100 = 25.07 \quad \%$

Største dimensjonerende moment M_{Ed} påkjent mellom spenntau:

$$M_{Ed14.5} := \frac{Q_{d_0} \cdot L_0^2}{24} = 0.057 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed14} := \frac{Q_{d_1} \cdot L_1^2}{24} = 0.061 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed13} := \frac{Q_{d_2} \cdot L_2^2}{24} = 0.065 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed12} := \frac{Q_{d_3} \cdot L_3^2}{24} = 0.017 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed11} := \frac{Q_{d_4} \cdot L_4^2}{24} = 0.019 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed10} := \frac{Q_{d_5} \cdot L_5^2}{24} = 0.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed9} := \frac{Q_{d_6} \cdot L_6^2}{24} = 0.022 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed8} := \frac{Q_{d_7} \cdot L_7^2}{24} = 0.024 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed7} := \frac{Q_{d_8} \cdot L_8^2}{24} = 0.027 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed6} := \frac{Q_{d_9} \cdot L_9^2}{24} = 0.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed5} := \frac{Q_{d_{10}} \cdot L_{10}^2}{24} = 0.034 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed4} := \frac{Q_{d_{11}} \cdot L_{11}^2}{24} = 0.039 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed3} := \frac{Q_{d_{12}} \cdot L_{12}^2}{24} = 0.044 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed2} := \frac{Q_{d_{13}} \cdot L_{13}^2}{24} = 0.045 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed1} := \frac{Q_{d_{14}} \cdot L_{14}^2}{24} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Dimensjonerende moment:

$$M_{Ed} := \max \left(\begin{bmatrix} M_{Ed14.5} \\ M_{Ed14} \\ M_{Ed13} \\ M_{Ed12} \\ \vdots \end{bmatrix} \right) = 0.065 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Nødvendig armering:

Avrundet verdi for c, gitt i tabell 4.5. (Sørensen)

$$c := 0.17$$

Tilnærming av indre momentarm uten fiber:

$$z_u := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd.u}} \right) \cdot d = 151.988 \text{ mm}$$

Tilnærming av indre momentarm med fiber:

$$z_m := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd.m}} \right) \cdot d = 151.99 \text{ mm}$$

Momentarmen for begge tilfellene er tilnærmet samme som d, og det vil derfor ikke være noen nevneværdig forskjell i nødvendig armering. Dette fordi dimensjonerende moment er lite i forhold til kapasitet.

Nødvendig armering tverrsnitt:

$$A_{s.u} := \frac{M_{Ed}}{f_d \cdot z_u} = 0.979 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.m} := \frac{M_{Ed}}{f_d \cdot z_m} = 0.979 \text{ mm}^2$$

Minimumsarmering iht. EC2 og NB 38:

Minimumsarmering etter Eurocode 2 (9.2.1.1)

$\frac{1}{m}$ er lagt inn for å illustrere at det er armeringsmengde pr meter omkrets av tanken.

Uten fiber, minimumsarmering skal legges på begge sider av nøytralaksen:

$$A_{s.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm_uten}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \cdot \frac{1}{m} = 276.64 \frac{1}{m} \cdot mm^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } A_{s.min} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d \cdot \frac{1}{m} \\ \parallel A_{s.min} \\ \text{else} \\ \parallel 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{array} \right| = 276.64 \frac{1}{m} \cdot mm^2$$

Totalt min.armering for hele tverrsnittet: $A_{s.min.tot.EC2} := 2 \cdot A_{s.min} = 553.28 \frac{1}{m} \cdot mm^2$

Totalt min.armering for hele Tanken: $A_{s.min.tank} := A_{s.min.tot.EC2} \cdot O \cdot 15 \frac{1}{m} = 1.304 \frac{1}{m} \cdot m^3$

Minimumsarmering etter NB 38:

For Plater:

$$A_{s.min.plate} := 0.26 \cdot \frac{(f_{ctm_med} - 2.15 \cdot f_{Ftu.ef})}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \cdot \frac{1}{m} = 201.51 \frac{1}{m} \cdot mm^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } A_{s.min.plate} > 0.13 \cdot \frac{f_{ctm_med}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \cdot \frac{1}{m} \\ \parallel A_{s.min.plate} \\ \text{else} \\ \parallel 0.13 \cdot \frac{f_{ctm_med}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \end{array} \right| = 201.51 \frac{1}{m} \cdot mm^2$$

Totalt min.armering for for hele tverrsnittet: $A_{s.min.tot.plate} := 2 \cdot A_{s.min.plate} = 403.021 \frac{1}{m} \cdot mm^2$

Beregning av armering i hovedretningene med et tverrsnittsareal på begge sider git ved ligningene.

Tilleggsfaktor for tynne vegger iht NB38: $Tilleggsfaktor := 1.2$

For skiver og skall, begge retninger:

$$A_{s.min.skall} := 0.3 \cdot A_c \cdot \frac{(f_{ctm_med} - 1.2 \cdot f_{Ftu.ef})}{f_{yk}} \cdot \frac{1}{m} = 409.468 \frac{1}{m} \cdot mm^2$$

$$A_{s.min.skall.tot} := 2 \cdot A_{s.min.skall} = 818.936 \frac{mm^2}{m}$$

Vegger forøvrig:

$$A_{s.min.vegg} := 0.15 \cdot A_c \cdot \frac{(f_{ctm_med} - 1.2 \cdot 1.7 \cdot f_{Ftu.ef})}{f_{yk}} \cdot \frac{1}{m} = 172.488 \frac{1}{m} \cdot mm^2$$

Totalt pr meter omkrets: $A_{s.min.vegg.tot} := 2 \cdot A_{s.min.vegg} = 344.976 \frac{mm^2}{m}$

Totalt for hele tanken: $A_{s.min.vegg.tank} := A_{s.min.vegg.tot} \cdot O \cdot 15 m = 0.813 m^3$

Armering spart pr meter omkrets for de forskjellige metodene:

Plate:
$$Adif_{plate} := A_{s.min.tot.EC2} - A_{s.min.tot.plate} = 150.259 \frac{mm^2}{m}$$

Skall:
$$Adif_{skall} := A_{s.min.tot.EC2} - A_{s.min.skall.tot} = -265.656 \frac{mm^2}{m}$$

Vegger forøvrig:
$$Adif_{vegg} := A_{s.min.tot.EC2} - A_{s.min.vegg.tot} = 208.304 \frac{mm^2}{m}$$

Differanse i mengde armering:

plate:
$$Armering_{plate} := Adif_{plate} \cdot O \cdot H_{tank} = 0.354 m^3$$

skall:
$$Armering_{skall} := Adif_{skall} \cdot O \cdot H_{tank} = -0.626 m^3$$

Vegger forøvrig:
$$Armering_{vegg} := Adif_{vegg} \cdot O \cdot H_{tank} = 0.491 m^3$$

Tar videre utgangspunkt i resultatene fra beregningsmetoden for vegger for øvrig

Totalt materiale for tankveggene:

Spennarmering målt i m^3 :

$$\text{Areal pr lamell: } V_{SA} := Ant \cdot A_p = \begin{bmatrix} 3.039 \cdot 10^3 \\ 2.841 \cdot 10^3 \\ 2.642 \cdot 10^3 \\ 2.444 \cdot 10^3 \\ 2.245 \cdot 10^3 \\ \vdots \end{bmatrix} mm^2$$

$$\text{Volum pr meter omkrets: } V_S := V_{SA} \cdot 1000 \text{ } mm$$

Totalt volum for høyden pr meter omkrets:

$$V_{SH} := V_{S_0} + V_{S_1} + V_{S_2} + V_{S_3} + V_{S_4} + V_{S_5} + V_{S_6} + V_{S_7} + V_{S_8} + V_{S_9} + V_{S_{10}} + V_{S_{11}}$$

$$V_{SH} + V_{S_{12}} + V_{S_{13}} + V_{S_{14}} = 0.025 \text{ } m^3$$

$$\text{Totalt volum for hele tanken: } V_{S.tank} := V_{SH} \cdot 157.08 = 3.671 \text{ } m^3$$

Betong uten fiber målt i m^3 :

$$V_{B.u} := O \cdot H_{tank} \cdot t - A_{s.min.tot.EC2} \cdot m \cdot O - V_{S.tank}$$

$$\text{betongvolum: } V_{B.u} = 514.604 \text{ } m^3$$

Betong med fiber målt i m^3 :

$$\text{betongvolum inkl. fiber: } V_{B.m} := V_{B.u} + Armering_{vegg} = 515.095 \text{ } m^3$$

$$\text{fiber: } Vekt_{fiber} := V_{B.m} \cdot \gamma_{fiber} = 5150.953 \text{ } kg$$

$$V_{fiber} := \frac{Vekt_{fiber}}{\rho_{fiber}} = 2.453 \text{ } m^3$$

$$\text{betongvolum eks. fiber: } V_{B.ef} := V_{B.m} - V_{fiber} = 512.642 \text{ } m^3$$

fiberarmering målt i $\frac{kg}{m^3}$:

$$\text{Vekt pr kubikk betong: } W_{fiber.u} := \frac{Vekt_{fiber}}{V_{B.m}} = 10 \frac{kg}{m^3}$$

Spennarmering målt i $\frac{kg}{m^3}$:

Vekt spennarmering:
(produktblad spennteknikk)

$$Vekt_{spenn} := 1.37 \frac{kg}{m}$$

Antall spenntau:
(regnet ut fra antall pr lamell)

$$Ant_{tot.spenn} := 165$$

Antall løpemeter spennarmering:

$$Meter_{spenn} := Ant_{tot.spenn} \cdot O$$

$$Meter_{spenn} = (2.592 \cdot 10^4) \text{ m}$$

$$Vekt_{spenn.tot} := Vekt_{spenn} \cdot Meter_{spenn}$$

$$Vekt_{spenn.tot} = 35507.851 \text{ kg}$$

Vekt pr kubikk betong:

$$W_{spenn.u} := \frac{Vekt_{spenn.tot}}{V_{B.m}} = 68.935 \frac{kg}{m^3}$$

fiberarmering målt i $\frac{kg}{m^3}$:

Vekt pr kubikk betong:

$$W_{fiber.u} := \frac{Vekt_{fiber}}{V_{B.m}} = 10 \frac{kg}{m^3}$$

Minimumsarmering målt i $\frac{kg}{m^3}$:

Vekt av armering $\phi=8$:

$$Vekt_{\phi 8} := 0.403 \frac{kg}{m}$$

Uarmert:

Antall armeringsstenger pr meter omkrets:
 $\phi=8\text{mm}$

$$Ant_{\phi.uarmert} := \frac{A_{s.min.tot.EC2} \cdot \left(m \cdot \frac{1}{mm^2} \right)}{\pi \cdot 4^2} = 11.007$$

Totalt antall armeringsstenger for tanken:

$$Tot.ant_{\phi.uarmert} := Ant_{\phi.uarmert} \cdot O \cdot \left(\frac{1}{m} \right) = 1729$$

Totalt antall løpemeter for tanken:

$$Meter_{min. uarmert} := Tot.ant_{\phi. uarmert} \cdot H_{tank} = (2.594 \cdot 10^4) \text{ m}$$

vekt: $Vekt_{min. uarmert} := Meter_{min. uarmert} \cdot Vekt_{\phi 8} = 10451.805 \text{ kg}$

Vekt per kubikk betong: $W_{min. uarmert} := \frac{Vekt_{min. uarmert}}{V_{B.m}} = 20.291 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

armert:

Antall armeringsstenger pr meter omkrets:

$\phi = 8\text{mm}$

$$Ant_{\phi. armert} := \frac{A_{s.min.vegg.tot} \cdot \left(m \cdot \frac{1}{mm^2} \right)}{\pi \cdot 4^2} = 6.863$$

Totalt antall armeringsstenger for tanken:

$$Tot.ant_{\phi. armert} := Ant_{\phi. armert} \cdot O \cdot \left(\frac{1}{m} \right) = 1078.05$$

Totalt antall løpemeter for tanken:

$$Meter_{min. armert} := Tot.ant_{\phi. armert} \cdot H_{tank} = (1.617 \cdot 10^4) \text{ m}$$

Vekt: $Vekt_{min. armert} := Meter_{min. armert} \cdot Vekt_{\phi 8} = 6516.812 \text{ kg}$

Vekt per kubikk betong: $W_{min. armert} := \frac{Vekt_{min. armert}}{V_{B.m}} = 12.652 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Skjærkraft mellom spenntau:

$$V_{Ed14.5} := \frac{(Q_{d_0} \cdot L_0)}{2} = 6.937 \text{ kN}$$

$$V_{Ed14} := \frac{(Q_{d_1} \cdot L_1)}{2} = 6.892 \text{ kN}$$

$$V_{Ed13} := \frac{(Q_{d_2} \cdot L_2)}{2} = 6.839 \text{ kN}$$

$$V_{Ed12} := \frac{(Q_{d_3} \cdot L_3)}{2} = 3.389 \text{ kN}$$

$$V_{Ed11} := \frac{(Q_{d_4} \cdot L_4)}{2} = 3.354 \text{ kN}$$

$$V_{Ed10} := \frac{(Q_{d_5} \cdot L_5)}{2} = 3.311 \text{ kN}$$

$$V_{Ed9} := \frac{(Q_{d_6} \cdot L_6)}{2} = 3.259 \text{ kN}$$

$$V_{Ed8} := \frac{(Q_{d_7} \cdot L_7)}{2} = 3.194 \text{ kN}$$

$$V_{Ed7} := \frac{(Q_{d_8} \cdot L_8)}{2} = 3.112 \text{ kN}$$

$$V_{Ed6} := \frac{(Q_{d_9} \cdot L_9)}{2} = 3.004 \text{ kN}$$

$$V_{Ed5} := \frac{(Q_{d_{10}} \cdot L_{10})}{2} = 2.856 \text{ kN}$$

$$V_{Ed4} := \frac{(Q_{d_{11}} \cdot L_{11})}{2} = 2.638 \text{ kN}$$

$$V_{Ed3} := \frac{(Q_{d_{12}} \cdot L_{12})}{2} = 2.289 \text{ kN}$$

$$V_{Ed2} := \frac{(Q_{d_{13}} \cdot L_{13})}{2} = 1.639 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1} := \frac{(Q_{d_{14}} \cdot L_{14})}{2} = 0 \text{ kN}$$

Bruker i beregningene ikke reduksjon av last nær opplegg ettersom lasten i realiteten strekker seg over hele høyden.

$$\text{Dimensjonerende skjærkraft:} \quad V_{Ed} := \max \left(\begin{bmatrix} V_{Ed14.5} \\ V_{Ed14} \\ V_{Ed13} \\ V_{Ed12} \\ \vdots \end{bmatrix} \right) = 6.937 \text{ kN}$$

skjærstrekkapasitet iht. EC2: 6.2

$$V_{Rd.c.formel} := C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{\left(\frac{1}{3}\right)} \cdot b_w \cdot d$$

$$k_2 := 0.18 \quad b_w := b = 1000 \text{ mm}$$

$$C_{Rd.c} := \frac{k_2}{\gamma_c} = 0.12 \quad d = 152 \text{ mm}$$

Uten fiber:

$$A_{sL.u} := A_{s.min} \cdot m = 276.64 \text{ mm}^2$$

$$\rho_L \leq 0.02 \quad \rho_{L.u} := \min \left(\frac{A_{sL.u}}{b_w \cdot d}, 0.02 \right) = 0.002$$

$$k \leq 2.0 \quad k := \min \left(1 + \sqrt[2]{\frac{200}{d} \cdot (\text{mm})}, 2.0 \right) = 2$$

$$V_{Rd.c.verdier.u} := 0.12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot \rho_{L.u} \cdot 40)^{\left(\frac{1}{3}\right)} \cdot 1000 \cdot 152 = 70702.042$$

$$V_{Rd.c.u} := V_{Rd.c.verdier.u} \cdot N = 70.702 \text{ kN}$$

Med fiber:
$$A_{sL.m} := \frac{A_{s.min.skall}}{2} \cdot m = 204.734 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{L.m} := \min\left(\frac{A_{sL.m}}{b_w \cdot d}, 0.02\right) = 0.001$$

$$V_{Rd.c.verdier.m} := 0.12 \cdot 2 \cdot \left(100 \cdot \rho_{L.m} \cdot 45\right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} \cdot 1000 \cdot 152 = 66513.205$$

$$V_{Rd.c.m} := V_{Rd.c.verdier.m} \cdot N = 66.513 \text{ kN}$$

Denne formelen tar ikke hensyn til reststrekkfastheten til fiberen og er derfor ikke representativ for tilfelle med fiber:

$$V_{Rd.c} > V_{Ed} \text{ For begge beregningen. Det er ikke nødvendig med skjærarmering.}$$

Skjærtrykkapasitet iht EC2: 6.2.2

Fasthetsreduksjon uten fiber:
$$v_u := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck_uten}}{250} \cdot \frac{1}{MPa}\right) = 0.504$$

Fasthetsreduksjon med fiber:
$$v_m := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck_med}}{250} \cdot \frac{1}{MPa}\right) = 0.492$$

Skjærtrykkapasitet uten fiber:
$$V_{Rd.max.u} := v_u \cdot 0.5 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd_uten} = 817.152 \text{ kN}$$

Skjærtrykkapasitet med fiber:
$$V_{Rd.max.m} := v_m \cdot 0.5 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd_med} = 953.496 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.max} > V_{Ed}$$

Det er i vår oppgave ikke behov for skjærarmering. Dette kan begrunnes i at det er veldig liten avstand mellom spenntauene.