

## snølast

verdier av kombinasjonskoeffisienten:

$$\psi_0 := 0.7 \quad \psi_1 := 0.5 \quad \psi_2 := 0.3$$

Karakteristisk snølast på mark i Søgne

$$s_k := 3.5 \text{ KN/m}^2$$

Eksponeringsfaktor:

vindutsatt 0,8, normal 1 eller skjermet 1,2.

normal:

$$c_e := 1$$

Termisk koeffisient:

$$c_t := 1$$

formfaktor for flat tak

$$\mu_i := 0.8$$

snølast på tak:

$$S := \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 2.8 \text{ KN/m}^2$$

## Nyttelast for boligblokk:

katagori A:

golv:

$$q_{k.n.g} := 2 \text{ KN/m}^2 \quad Q_{k.n.g} := 2 \text{ KN/m}^2$$

Tak:

$$q_{k.n.t} := 1 \text{ KN/m}^2 \quad Q_{k.n.t} := 1.5 \text{ KN/m}^2$$

Egenlast Betong:

$$g_k := 25 \text{ KN/m}^3$$

## Vindlast:

Referanse vindhastighet:

$$V_{b.0} := 26 \text{ m/s} \quad c_{dir} := 1 \quad c_{season} := 1$$

Basisvindhastighet:

$$V_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot V_{b.0} = 26 \text{ m/s}$$

.. .. .

Vindkasthastighetstrykk:

$$\rho := 1.25 \quad \text{Kg/m}^3 \quad c_e := 2.3$$

$$q_b := 0.5 \cdot \rho \cdot V_b^2 = 422.5 \quad \text{N/m}^2$$

$$q_p := c_e \cdot q_b = 971.75 \quad \text{N/m}^2$$

så vindlasten på stedet er 0,98 kN/m<sup>2</sup>

### Lastkombinasjoner

likning 6a og 6b

$$\gamma_{Gj.sup} := 1.35 \quad t := 0.200 \quad \gamma_{Q.1} := 1.5 \quad \gamma_{Q.i} := 1.5$$

$$\zeta := 0.89 \quad \psi_{0.1} := 0.7 \quad G_{kj.sup} := t \cdot g_k = 5$$

**last på tak:**

$$A := \gamma_{Gj.sup} \cdot G_{kj.sup} + \gamma_{Q.1} \cdot \psi_{0.1} \cdot S = 9.69$$

$$B := \zeta \cdot \gamma_{Gj.sup} \cdot G_{kj.sup} + \gamma_{Q.1} \cdot S = 10.208$$

### Overdekning

Eksponeringsklasse XC3

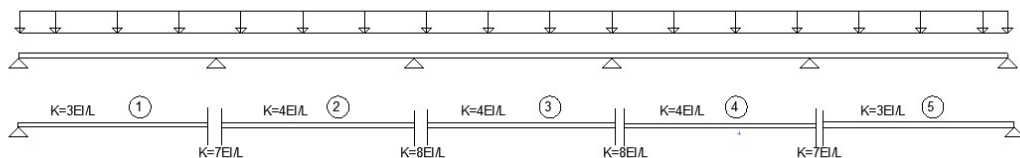
$$\emptyset := 12$$

$$c_{min.b} := \emptyset \quad c_{min.dur} := 25 \quad \Delta c_{dur.\gamma} := 0 \quad \Delta c_{dur.add} := 0$$

$$c_{min} := \max(c_{min.b}, c_{min.dur} + \Delta c_{dur.\gamma} - \Delta c_{dur.add}, 0.010) \quad \Delta c_{dev} := 10$$

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 35$$

$$d := 200 - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 159$$



$$q := B = 10.208$$

$$l := 6.4$$

**Momenter**

$$M_A := 0$$

$$M_{f.A.B} := 0.08 \cdot q \cdot l^2 = 33.448$$

$$M_B := 0.10 \cdot q \cdot l^2 = 41.81$$

$$M_{f.B.C} := 0.033 \cdot q \cdot l^2 = 13.797$$

$$M_C := \frac{q \cdot l^2}{12} = 34.842$$

$$M_{f.C.D} := \frac{q \cdot l^2}{24} = 17.421$$

$$M_D := \frac{q \cdot l^2}{12} = 34.842$$

$$M_{f.D.E} := 0.033 \cdot q \cdot l^2 = 13.797$$

$$M_E := 0.10 \cdot q \cdot l^2 = 41.81$$

$$M_{f.E.F} := 0.08 \cdot q \cdot l^2 = 33.448$$

$$M_F := 0$$

$$M_{Ed.1} := \max(M_A, M_B, M_C, M_D, M_E, M_F)$$

**Største støttemoment**

$$M_{Ed.1} = 41.81 \quad \text{KNm}$$

**Største feltmoment**

$$M_{Ed.2} := \max(M_{f.A.B}, M_{f.B.C}, M_{f.C.D}, M_{f.D.E}, M_{f.E.F})$$

$$M_{Ed.2} = 33.448 \quad \text{KNm}$$

**Dimensjonerende skjærkraft**

$$V_{Ed} := 0.6 \cdot q \cdot l = 39.197$$

$$V_{Ed} = 39.197 \quad \text{KN}$$

**Bruddsgrensetilstand (ULS)****Material**

B35

 $\varnothing = 12$ 

B500NC

 $\gamma_c := 1.5$  $\varnothing := 12$  $\gamma_s := 1.15$  $\alpha_{cc} := 0.85$  $f_{ctm} := 3.2$  $f_{yk} := 500$  $f_{ctk} := 35$   
 $t := 200$

$$c_{nom} := 35$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.783$$

$$d := t - c_{nom} - 0.5 \varnothing = 159$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 19.833$$

### Betongtrykksjonens momentkapasitet

Normalarmert tverrsnitt

$$K := 0.275 \quad b := 1000$$

$$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 1.379 \cdot 10^8$$

### Nødvendig armering topp

indre momentarm

$$z_t := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.1} \cdot 10^6}{M_{Rd}} \right) \cdot d = 150.804$$

$$A_{s.t.h} := \frac{M_{Ed.1} \cdot 10^6}{z_t \cdot f_{yd}} = 637.668 \quad \text{mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s.t.h.min} := 0.26 \cdot \left( \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 264.576 \quad 0.0013 \cdot b \cdot d = 206.7 \quad ok$$

### Antall lengdearmering på topp i hovedretning per meter

$$n_{t.h} := \frac{A_{s.t.h}}{\pi \cdot 6^2} = 5.638 \quad 6\varnothing 12$$

$$A_{s.t.h.endelig} := 6 \cdot \pi \cdot 6^2 = 678.584 \quad \text{mm}^2/\text{m}$$

### EC 9.3.1.1(2) minst 20% av hovedarmering i tverretning

$$A_{s.t.t} := 0.2 \cdot A_{s.t.h} = 127.534$$

$$n_t := \frac{A_{s.t.t}}{\pi \cdot 5^2} = 1.624 \quad 2\varnothing 10$$

$$A_{s.t.t.endelig} := 2 \cdot \pi \cdot 5^2 = 157.08 \quad \text{mm}^2/\text{m}$$

### Nødvendig armering bunn

$$z_b := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.2} \cdot 10^6}{M_{Rd}} \right) \cdot d = 152.443$$

$$A_{s.b.h} := \frac{M_{Ed.2} \cdot 10^6}{z_b \cdot f_{yd}} = 504.649 \quad \text{mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s.b.h.min} := 0.26 \cdot \left( \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 264.576 \quad 0.0013 \cdot b \cdot d = 206.7 \quad \text{ok}$$

#### Antall lengdearmering i bunn i hovedretning per meter

$$n_{h.b} := \frac{A_{s.b.h}}{\pi \cdot 6^2} = 4.462 \quad 5\phi 12$$

$$A_{s.b.h.endelig} := 5 \cdot \pi \cdot 6^2 = 565.487 \quad \text{mm}^2/\text{m}$$

#### EC 9.3.1.1(2) minst 20% av hovedarmering i tverretning

$$A_{s.t.b} := 0.2 \cdot A_{s.b.h} = 100.93$$

$$n_{t.b} := \frac{A_{s.t.b}}{\pi \cdot 5^2} = 1.285 \quad 2\phi 10$$

$$A_{s.t.b.endelig} := 2 \cdot \pi \cdot 5^2 = 157.08 \quad \text{mm}^2/\text{m}$$

#### senteravstand mellom stenger i hovedretning topp og bunn

$$S_{max.slabs.h} := 3 \cdot t = 600 \quad \text{men mindre eller lik 400mm}$$

$$S_{max.slabs.h} := \frac{1000}{5} = 200$$

#### senteravstand mellom stenger i tverretning topp og bunn

$$S_{max.slabs.t} := 3.5 \cdot t = 700 \quad \text{men mindre eller lik 450mm}$$

velger senteravstand 450mm

#### Næropplegg

EC 9.3.1.2 (2) ved delvis innspenning der det ikke er tatt hensyn til i beregningene, bør overkant armering ved ende opplegg opptil 15% av største moment i tilstøtende moment og ha en lengde på 0.2 ganger lengden av tilstøtende felt målt fra oppleggets kant.

$$M_{opplegg} := 0.15 \cdot M_{Ed.2} = 5.017$$

#### Nødvendig armering topp

indre momentarm

$$z_{opplegg} := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{M_{opplegg} \cdot 10^6}{M_{Rd}} \right) \cdot d = 158.016$$

$$A_{s.opplegg} := \frac{M_{opplegg} \cdot 10^{-3}}{z_t \cdot f_{yd}} = 76.52 \quad \text{mm}^2/\text{m}$$

$$l_{As.opplegg} := 0.2 \cdot 2.56 \cdot 2 = 1.024 \quad \text{m}$$

### Antall armering ved opplegg per meter

$$n_{opplegg} := \frac{A_{s.opplegg}}{\pi \cdot 4^2} = 1.522 \quad 2\phi 8$$

$$A_{s.opplegg} := 2 \cdot \pi \cdot 4^2 = 100.531 \quad \text{mm}^2/\text{m}$$

### Hjørnearmering

Ingen hjørnearmering siden vi ikke får løft i hjørnene i en enveisplate.

### Armering ved frie kanter

det bør være lengde og teverrarmering ved frie kanter. Platens innlagte armering kan fungere som kantaermering. lengde av tverrarmering skal være større eller lik 2h

### skjærkapasitet

$$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} \quad \rho_I := \frac{A_{s.t.h.endelig}}{b \cdot d} = 0.004 \quad < 0.02 \quad \text{ok}$$

$$k := 1 + \sqrt[2]{\frac{200}{d}} = 2.122 \quad < 2.0 \quad \text{ok} \quad k_1 := 0.15 \quad \sigma_{cp} := 0$$

$$V_{Rd.c} := \left( C_{Rd.c} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_I \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b \cdot d = 9.969 \cdot 10^4 \quad \text{N}$$

$$V_{Ed} \cdot 10^3 = 3.92 \cdot 10^4 \quad \text{N} \quad V_{Ed} < V_{Rd.c}$$

EC 6.2.1(3) Dette betyr at det ikke er beregningsmessig behov for skjærarmering

EC 6.2.1.(4) Minste skjærarmering kan utelates for plater

### Bruksgrensetilstand (SLS)

#### Nedbøyning

$$q_{bruks} := 1 \cdot G_{kj.sup} + \Psi_2 \cdot S = 5.84$$

#### Opprissetverrsnitt

$$E_{cm} := 34000 \quad E_s := 200000$$

$$\eta_2 := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.882$$

$$\rho_2 := \frac{A_{s.b.h.endelig}}{b \cdot d} = 0.004$$

$$\alpha_2 := \sqrt[2]{\left(\eta_2 \cdot \rho_2\right)^2 + 2 \cdot \eta_2 \cdot \rho_2 - \eta_2 \cdot \rho_2} = 0.185$$

### Andrearealmoment for betongstrykksonen

$$I_{c2} := \frac{b \cdot (\alpha_2 \cdot d)^3}{12} + b \cdot \alpha_2 \cdot d \cdot \left(\frac{\alpha_2 \cdot d}{2}\right)^2 = 8.442 \cdot 10^6$$

$$I_{c.2} := 0.5 \cdot \alpha_2^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha_2}{3}\right) \cdot b \cdot d^3 = 6.434 \cdot 10^7$$

### Andrearealmoment for armering

$$I_{s2} := n_{h.b} \cdot \frac{\pi \cdot 12^4}{64} + A_{s.b.h.endelig} \cdot \left((1 - \alpha_2) \cdot d\right)^2 = 9.507 \cdot 10^6$$

$$EI_2 := E_{cm} \cdot I_{c2} + E_s \cdot I_{s2} = 2.189 \cdot 10^{12}$$

$$EI_2 := E_{cm} \cdot I_{c.2} = 2.188 \cdot 10^{12}$$

### Nedbøyning opprisset

$$w_{maks.2} := \frac{2}{369} \cdot \frac{q_{bruks} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{EI_2} = 24.265 \quad \text{mm}$$

$$\text{Krav} \quad w_{tillat} := \frac{l \cdot 10^3}{250} = 25.6 \quad \text{mm}$$

```
krav := if w_maks.2 < w_tillat
      || return "krav oppfylt"
      else
      || return "krav ikke oppfylt" | → "krav oppfylt"
```

### Uopprissettversnitt

$$A_c := b \cdot t \quad \eta_1 := \eta_2$$

$$\alpha d := \frac{A_c \cdot 0.5 \cdot t + \eta_1 \cdot A_{s.b.h.endelig} \cdot d}{A_c + \eta_1 \cdot A_{s.b.h.endelig}} = 100.965$$

$$I_{c1} := \frac{b \cdot t^3}{12} + b \cdot t \cdot \left( \alpha d - \frac{t}{2} \right)^2 = 6.669 \cdot 10^8$$

$$I_{s1} := A_{s.b.h.endelig} \cdot (d - \alpha d)^2 = 1.905 \cdot 10^6$$

$$EI_1 := E_{cm} \cdot I_{c1} + E_s \cdot I_{s1} = 2.305 \cdot 10^{13}$$

$$\frac{EI_1}{EI_2} = 10.534$$

### Nedbøyning uopprisset

$$w_{maks.1} := \frac{2}{369} \cdot \frac{q_{bruks} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{EI_1} = 2.304 \quad \text{mm}$$

### Tension stifening

$$\beta := 1 \qquad \eta_3 := \eta_1$$

$$M_r := \left( \frac{I_{c1} + \eta_3 \cdot I_{s1}}{t - \alpha d} \right) \cdot f_{ctm} = 2.191 \cdot 10^7$$

$$M_{bruks} := 0.08 \cdot q_{bruks} \cdot l^2 = 19.137 \quad \text{KNm/m}$$

$$\zeta := 1 - \beta \cdot \left( \frac{M_r}{M_{bruks} \cdot 10^6} \right)^2 = -0.311 \qquad \zeta := 0$$

$$w_{tention} := \zeta \cdot w_{maks.2} + (1 - \zeta) \cdot w_{maks.1} = 2.304$$

### Nedbøyning på grunn av kryp og svinn

#### Nedbøyning på grunn av kryp

Velger standard sement klasse s

Egenlast påføres etter 7 døgn og nyttelast påføres etter 90 døgn

$$t_{0.1} := 7 \qquad t_{0.2} := 90 \qquad \text{B35}$$

Det er innedørs forhold RH=50%

$$u := 2 \cdot (b + t)$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 166.667$$

Avlest fra nomogram



$$\varphi_{t0.1} := 3$$

$$\varphi_{t0.2} := 2.3$$

$$E_{c1} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{t0.1}} = 8.5 \cdot 10^3$$

$$E_{c2} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{t0.2}} = 1.03 \cdot 10^4$$

$$M_{egen} := 0.08 \cdot G_{kj.sup} \cdot l^2 = 16.384$$

$$M_{nytte} := 0.08 \cdot \Psi_2 \cdot S = 0.067$$

$$E_{c.middel} := \frac{\frac{M_{egen}}{E_{c1}} + \frac{M_{nytte}}{E_{c2}}}{\frac{1}{E_{c1}} + \frac{1}{E_{c2}}} = 8.506 \cdot 10^3$$

$$\eta := \frac{E_s}{E_{c.middel}} = 23.513$$

$$\rho := \frac{A_{s.b.h.endelig}}{b \cdot t} = 0.003$$

$$\alpha := \sqrt[2]{(\eta \cdot \rho)^2 + 2 \cdot \eta \cdot \rho - \eta \cdot \rho} = 0.304$$

### Ekvivalent arealtreghetsmoment

$$I_c := 0.5 \cdot \alpha^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot b \cdot t^3 = 3.326 \cdot 10^8$$

$$EI := E_{c.middel} \cdot I_c = 2.829 \cdot 10^{12}$$

### Nedbøyning på grunn av kryp

$$w_{kryp} := \frac{2}{369} \cdot \frac{q_{bruks} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{EI} = 18.774 \quad \text{mm}$$

### Nedbøyning på grunn av svin

#### Total svinntøyning

Velger standard sement klasse s

$$f_{cm} := 45$$

$$f_{cm0} := 10$$

$$\alpha_{ds1} := 3$$

$$\alpha_{ds2} := 0.13$$

$$RH_0 := 100\%$$

$$RH := 50\%$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0}\right)^3\right) = 1.356$$

.....

### Uttørkingssvinn

$$\varepsilon_{cd,0} := 0.85 \cdot \left( (220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{\left( -\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right)} \right) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 3.532 \cdot 10^{-4}$$

$$\beta_{ds} := 1 \quad k_h := 0.82$$

$$\varepsilon_{cd} := \beta_{ds} \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = 2.896 \cdot 10^{-4}$$

### Autogentsvinn

$$\beta_{as} := 1 \quad \varepsilon_{ca,u} := 2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 6.25 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{ca} := \beta_{as} \cdot \varepsilon_{ca,u} = 6.25 \cdot 10^{-5}$$

### Frisvinn

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 3.521 \cdot 10^{-4}$$

### Svinnkrumning

$$a := \frac{A_c \cdot 0.5 \cdot t + \eta \cdot A_{s,b.h.endelig} \cdot d}{A_c + \eta \cdot A_{s,b.h.endelig}} = 103.678$$

$$e := d - a = 55.322$$

$$EI := E_{c,middel} \cdot I_{c1} + E_s \cdot I_{s1} = 6.053 \cdot 10^{12}$$

$$k_s := \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_s \cdot A_{s,b.h.endelig} \cdot e}{EI} = 3.64 \cdot 10^{-7}$$

### Nedbøyning på grunn av svinn

$$w_{svinn} := \frac{k_s \cdot (l \cdot 10^3)^2}{8} = 1.864 \quad \text{mm}$$

### Totalt nedbøyning på grunn av både svinn og kryp

$$w_{svinn.kryp} := w_{svinn} + w_{kryp} = 20.637 \quad \text{mm}$$

### Risskontroll bunn

$$k_c := \min \left( \frac{c_{nom}}{c_{min,dur}}, 1.3 \right)$$

**Krav til rissviddebegrensning for eksponeringsklasse XC3 og tilnærmet permanent blir:**

---

$$W_{max} := 0.30 \cdot k_c = 0.39$$

### Opprisset

$$\sigma_s := E_s \cdot \frac{M_{bruks} \cdot 10^6 \cdot (1 - \alpha_2) \cdot d}{EI_2} = 226.704$$

$$t_{eff} := \min \left( 2.5 \cdot (t - d), \frac{t - (\alpha_2 \cdot d)}{3}, \frac{t}{2} \right) = 56.878$$

$$A_{c,eff} := b \cdot t_{eff} = 5.688 \cdot 10^4$$

$$\rho_{p,eff} := \frac{A_{s,b.h.endelig}}{A_{c,eff}} = 0.01$$

$$f_{ct,eff} := f_{ctm} = 3.2$$

$$k_{1.1} := 0.4 \quad \text{forlangvarig belastning}$$

### Tøyningsdifferansen mellom armeringstøyning og betongstøyning

$$\varepsilon_{sm,cm} := \max \left( \frac{\sigma_s - k_{1.1} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \eta \cdot \rho_{p,eff})}{E_s}, 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \right) = 6.801 \cdot 10^{-4}$$

$$k_{1.2} := 0.8 \quad \text{for kamstål}$$

$$k_2 := 0.5 \quad \text{for bøyning}$$

$$k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$s_{r,max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_{1.2} \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} = 324.187$$

$$W_k := s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm,cm}) = 0.22 \quad \text{mm}$$

if $W_k \leq W_{max}$		→ “ok”
return “ok”		
else		
return “ikke ok”		

### Risskontroll topp

$$k_{c,t} := \min \left( \frac{c_{nom}}{c_{min,dur}}, 1.3 \right)$$

**Krav til rissviddebegrensning for eksponeringsklasse XC3 og tilnærmet permanent blir:**

$$W_{max} := 0.30 \cdot k_{c.t} = 0.39$$

$$M_{bruks.t} := 0.10 \cdot q_{bruks} \cdot l^2 = 23.921$$

### Opprisset

$$\sigma_{s.t} := E_s \cdot \frac{M_{bruks.t} \cdot 10^6 \cdot (1 - \alpha_2) \cdot d}{EI_2} = 283.38$$

$$t_{eff} := \min \left( 2.5 \cdot (t - d), \frac{t - (\alpha_2 \cdot d)}{3}, \frac{t}{2} \right) = 56.878$$

$$A_{c.eff} := b \cdot t_{eff} = 5.688 \cdot 10^4$$

$$\rho_{p.eff.t} := \frac{A_{s.t.h.endelig}}{A_{c.eff}} = 0.012$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.2$$

$$k_{1.1} := 0.4 \quad \text{forlangvarig belastning}$$

### Tøyningsdifferansen mellom armeringstøyning og betongstøyning

$$\varepsilon_{sm.cm.t} := \max \left( \frac{\sigma_{s.t} - k_{1.1} \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff.t}} \cdot (1 + \eta \cdot \rho_{p.eff.t})}{E_s}, 0.6 \cdot \frac{\sigma_{s.t}}{E_s} \right) = 8.501 \cdot 10^{-4}$$

$$k_{1.2} := 0.8 \quad \text{for kamstål}$$

$$k_2 := 0.5 \quad \text{for bøyning}$$

$$k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$s_{r.max.t} := k_3 \cdot c_{nom} + k_{1.2} \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p.eff.t}} = 289.989$$

$$W_{k.t} := s_{r.max.t} \cdot (\varepsilon_{sm.cm.t}) = 0.247 \quad \text{mm}$$

if $W_{k.t} \leq W_{max}$    return "ok" else    return "ikke ok"	$\rightarrow$ "ok"
--	--------------------