



## Voorwoord

### **Inhoud**

Templates beton-, staal- en houtberekeningen voor VCmaster

### **Gebruiksaanwijzing**

Alle templates kunnen met VCmaster gebruikt worden. De enige vereiste een registratie op [www.VCmaster.com](http://www.VCmaster.com). De templates kunnen met een test- of demo versie worden gebruikt. Voor het maken of aanpassen van templates is een volledige versie van VCmaster nodig.

Alle templates zijn met achtergelegen tabellen verbonden. Dat is zichtbaar met de TAB()- of SEL()-functie. In dit document worden deze verbindingen weergegeven. Het is ook mogelijk deze verbinding niet zichtbaar te maken.

### **Wat kan VCmaster?**

VCmaster is een computerprogramma waarmee constructieve rapporten kunnen worden opgesteld. Het unieke programma integreert alle ontwerp en CAD-programma's. De universele interface verzorgt de data overdracht zodat de output van alle programma's kan worden ingevoegd.

Naast deze rapportage functie biedt VCmaster ook de mogelijkheid om berekeningen uit te voeren. De formules kunnen direct in het programma worden ingevoerd. Het programma ondersteunt het hergebruik van berekening en documenten. Met VCmaster kunnen wijzingen en aanpassingen in de berekeningen makkelijk worden gemaakt en het programma automatiseerd standaard taken.

Dit PDF-document is volledig met VCmaster gemaakt.

### **Systeemvereisten**

VCmaster versie 2016 of hoger

### **Ontwikkeling en Copyrights**

Ontwikkeld in Nederland. Copyrights: Veit Christoph GmbH



## Inhoud

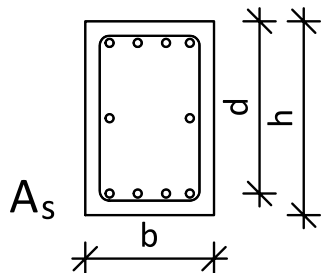
<b>Voorwoord</b>	1
<b>Inhoud</b>	2
<b>Hoofdstuk beton</b>	3
Buiging	3
Dekking	5
Dwarskracht	6
Ligger	8
Pons	10
Verankeringslengte	12
Wringing	13
<b>Hoofdstuk staal</b>	15
Afschuiving	15
Axiale druk	17
Axiale trek	18
Buiging	19
Kip	21
Knik en buiging	23
Knik	26
Ligger	27
<b>Hoofdstuk staalbeton</b>	29
Druk en buiging	29
Knik	32
Staal-beton ligger	34
<b>Hoofdstuk hout</b>	37
Afschuiving	37
Buiging	38
Druk loodrecht op de vezels	39
Houten balklaag	40
Kip	42
Knik en buiging	43
Knik	45
Ligger	47

## Hoofdstuk beton

### Buiging

Berekening hoofdwapening betondoorsnede  
NEN-EN 1992-1-1 artikel 6.1

Geometrie



Hoogte h =	600 mm
Breedte b =	400 mm
Diameterhoofdwapening $d_{\text{hoofd}}$ =	16 mm
Dekking $c_{\text{nom}}$ =	30 mm
Diameterbeugels $d_{\text{beugels}}$ =	8 mm

Materialen

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C28/35
$f_{\text{ck}}$ =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	28 N/mm <sup>2</sup>
$f_{\text{ctm}}$ =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fctm;Naam=Beton)	=	2,80 N/mm <sup>2</sup>
$f_{\text{cd}}$ =	$f_{\text{ck}} / 1,5$	=	19 N/mm <sup>2</sup>

Belastingen

$M_{\text{Ed}}$ =	214 kNm
$\delta$ =	1,0
Geen herverdeling.	

Bepaling hoofdwapening

$$d = h - c_{\text{nom}} - d_{\text{beugels}} - 0,5 * d_{\text{hoofd}} = 554 \text{ mm}$$

$$K = \frac{M_{\text{Ed}} * 10^6}{b * d^2 * f_{\text{cd}}} = 0,092$$

$$z = \frac{d}{2} * (1 + \sqrt{1 - 112 * K / 54}) = 526 \text{ mm}$$

$$x_u = \frac{18}{7} * (d - z) = 72 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M_{\text{Ed}} * 10^6}{435 * z} = 935 \text{ mm}^2$$

Toegepaste wapening

Wapening =	GEW("NL/wapening";Naam;As>As)	=	6 $\varnothing$ 16
$A_{s,\text{toe}}$ =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Wapening)	=	1206 > $A_s$

Controle minimumwapening

$$A_{s,\text{min1}} = \frac{0,26 * f_{\text{ctm}} * b * d}{500} = 323 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min2}} = 0,0013 * b * d = 288 \text{ mm}^2$$



$$A_{s,min} = \text{MAX}(A_{s,min1}; A_{s,min2}) = 323 \text{ mm}^2 < A_s$$

Controle hoogte van betondrukzone volgens artikel 5.5

Geen herverdeling:  $\delta = 1,00$

$$k_1 = 0,44$$

$$k_2 = 1,25 * \left( 0,6 + \frac{0,0014}{0,0035} \right) = 1,25$$

$$k_1 + k_2 * \frac{x_u}{d} = 0,44 + 1,25 * \frac{72}{554} = 0,60 \leq \delta$$



### Dekking

Dekking op wapening

NEN 1992-1-1 artikel 4.4.1.1; enkele staaf

Staafdiameter $d_{\text{staaf}}$ =		12 mm
Maatgevende milieuklasse MK =	SEL("NL/DekkingEC";Milieuklassen;)	= XC3
Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	= C28/35
Ontwerplevensduur =	SEL("NL/DekkingEC";Ontwerplevensduur;)	= 75 jaar
Element met plaatgeometrie =	SEL("NL/DekkingEC";Plaatgeometrie;)	= Ja

Basis constructieklasse =	4 S
Sterkteklasse	= 0 S (Tabel 4.3N)
Ontwerplevensduur	= 1 S (Tabel 4.3N)
Plaatgeometrie	= -1 S (Tabel 4.3N)

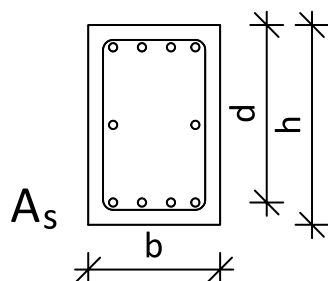
Constructieklasse = 4 S

$c_{\text{min,dur}}$	=	25 mm (Tabel 4.4N)
$c_{\text{min,b}}$ = $d_{\text{staaf}}$	=	12 mm
$c_{\text{min}}$ =	MAX( $c_{\text{min,b}}$ ; $c_{\text{min,dur}}$ ; 10)	= 25 mm
$\Delta c_{\text{dev}}$ =		5 mm
$c_{\text{nom}}$ =	$c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$	= 30 mm

## Dwarskracht

Berekening dwarskrachtwapening betondoorsnede  
NEN-EN 1992-1-1 6.2

Geometrie



Hoogte h =		600 mm
Breedte b =		400 mm
Diameterhoofdwapening $d_{hoofd}$ =		10 mm
Dekking $c_{nom}$ =		40 mm
Diameterbeugels $d_{beugels}$ =		8 mm
h.o.h afstand beugels s =		100 mm
Hoofdwapening $A_{sl}$ =	4 * 78	= 312 mm <sup>2</sup>
$b_w$ =	b	= 400 mm
d =	$h - c_{nom} - d_{beugels} - 0,5 * d_{hoofd}$	= 547 mm
$\rho_l$ =	$\frac{A_{sl}}{b_w * d}$	= 0,0014
z =	0,9 * d	= 492 mm
$A_{sw}$ =	$2 * \pi * (1/2 * d_{beugels})^2$	= 101 mm <sup>2</sup>

Materialen

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	= C20/25
$f_{ck}$ =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	= 20 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ =	1,50	
$f_{cd}$ =	$f_{ck} / 1,5$	= 13 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ywd}$ =	435 / 1,15	= 378 N/mm <sup>2</sup>

Belasting

$$V_{Ed} = 150 \text{ kN}$$

Berekening element die geen berekende dwarskrachtwapening vereisen

$$k = \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2,0\right) = 1,60$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,32$$

$$V_{Rd,c} = \left(C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3}\right) * b_w * d * 10^{-3} = 59,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,cmin} = v_{min} * b_w * d * 10^{-3} = 70,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX}(V_{Rd,c}; V_{Rd,cmin}) = 70,0 \text{ kN}$$

Berekening

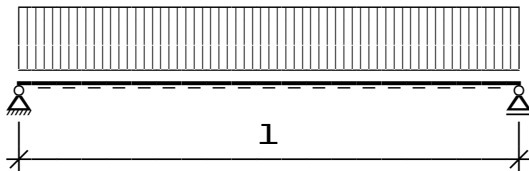


$$\begin{aligned}v &= 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) &= 0,55 \\v_1 &= v &= 0,55 \\\Theta &= &= 45,0^\circ \\V_{Rd,s} &= \frac{A_{sw}}{s} * z * f_{ywd} * \frac{1}{\tan(\Theta)} * 10^{-3} &= 188 \text{ kN} \\V_{Rd,max} &= \frac{1 * b_w * z * v_1 * f_{cd}}{1 / \tan(\Theta) + \tan(\Theta)} * 10^{-3} &= 704 \text{ kN} \\V_{Rd} &= \text{MIN}(V_{Rd,max}; V_{Rd,s}) &= 188 \text{ kN} \\V_{Ed} &= &= 150 \text{ kN} < V_{Rd}\end{aligned}$$

### Ligger

Berekening beton balk

Schema



De overspanning  $l = 4,50$  m

Belastingen

$$q_{pb,rep} = 32,0 \text{ kN/m}$$

$$q_{vb,rep} = 10,8 \text{ kN/m}$$

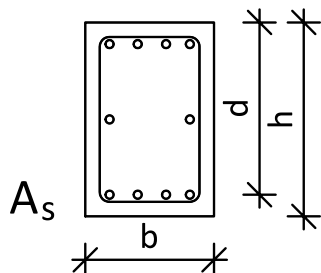
$$q_d = 1,2 \cdot q_{pb,rep} + 1,5 \cdot q_{vb,rep} = 54,6 \text{ kN/m}$$

Maatgevende snedekrachten

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot q_d \cdot l^2 = 138,2 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot q_d \cdot l = 122,8 \text{ kN}$$

Geometrie



$$\text{Hoogte } h = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Breedte } b = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Diameterhoofdwapening } d_{hoofd} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Dekking } c_{nom} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameterbeugels } d_{beugels} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{h.o.h afstand beugels } s = 150 \text{ mm}$$

$$b_w = b = 400 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - d_{beugels} - 0,5 \cdot d_{hoofd} = 554 \text{ mm}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 499 \text{ mm}$$

$$A_{sw} = 2 \cdot \pi \cdot (1/2 \cdot d_{beugels})^2 = 101 \text{ mm}^2$$

Materiaaleigenschappen

$$\text{Beton} = \text{SEL}(\text{"NL/betonsterkteklassen";Naam;fck} \leq 50) = \text{C28/35}$$

$$f_{ck} = \text{TAB}(\text{"NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton}) = 28 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = \text{TAB}(\text{"NL/betonsterkteklassen";fctm;Naam=Beton}) = 2,80 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = f_{ck} / 1,5 = 19 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ywd} = 435 / 1,15 = 378 \text{ N/mm}^2$$

Bepaling hoofdwapening

$$d = h - c_{nom} - d_{beugels} - 0,5 \cdot d_{hoofd} = 554 \text{ mm}$$





$$K = \frac{M_{Ed} * 10^6}{b * d^2 * f_{cd}} = 0,059$$

$$z = \frac{d}{2} * \left( 1 + \sqrt{1 - 112 * K / 54} \right) = 536 \text{ mm}$$

$$x_u = \frac{18}{7} * (d - z) = 46 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M_{Ed} * 10^6}{435 * z} = 593 \text{ mm}^2$$

### Toegepaste wapening

$$\text{Wapening} = \text{GEW}(\text{"NL/wapening";Naam;As>As}) = 4 \text{ } \varnothing 16$$

$$A_{s,\text{toe}} = \text{TAB}(\text{"NL/wapening";As;Naam=Wapening}) = 804 > A_s$$

### Controle minimumwapening

$$A_{s,\text{min1}} = \frac{0,26 * f_{ctm} * b * d}{500} = 323 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min2}} = 0,0013 * b * d = 288 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = \text{MAX}(A_{s,\text{min1}}; A_{s,\text{min2}}) = 323 \text{ mm}^2 < A_s$$

### Controle hoogte van betondrukzone volgens artikel 5.5

$$\text{Geen herverdeling } \delta = 1,00$$

$$k_1 = 0,44$$

$$k_2 = 1,25 * \left( 0,6 + \frac{0,0014}{0,0035} \right) = 1,25$$

$$k_1 + k_2 * \frac{x_u}{d} = 0,44 + 1,25 * \frac{46}{554} = 0,54 \leq \delta$$

### Berekening

$$v = 0,6 * \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,53$$

$$v_1 = v = 0,53$$

$$\Theta = 45^\circ$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} * z * f_{yw} * \frac{1}{\tan(\Theta)} * 10^{-3} = 136 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1 * b_w * z * v_1 * f_{cd}}{1 / \tan(\Theta) + \tan(\Theta)} * 10^{-3} = 1080 \text{ kN}$$

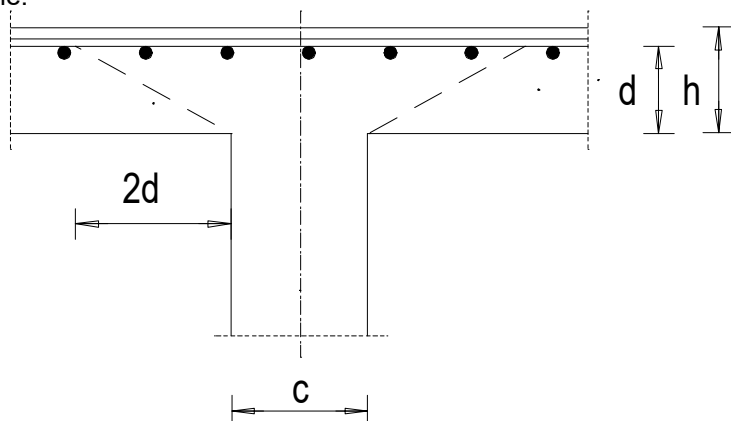
$$V_{Rd} = \text{MIN}(V_{Rd,max}; V_{Rd,s}) = 136 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 123 \text{ kN} < V_{Rd}$$

### Pons

Ponsberekening rechthoekige middenkolom  
NEN-EN 1992-1-1 artikel 6.4 geen excentriciteiten

Geometrie:



Hoogte $h =$	250 mm
$\varnothing$ hoofdwapening in x richting $d_{\text{hoofd},x} =$	12 mm
$\varnothing$ hoofdwapening in y richting $d_{\text{hoofd},y} =$	12 mm
Dekking $c_{\text{nom}} =$	30 mm
Breedte kolom $c_1 =$	290 mm
Dikte kolom $c_2 =$	290 mm
Wapening in x richting $\rho_{1x} =$	0,020
Wapening in y richting $\rho_{1y} =$	0,020

$$d_x = h - c_{\text{nom}} - 0,5 * d_{\text{hoofd},x} = 214 \text{ mm}$$

$$d_y = h - c_{\text{nom}} - d_{\text{hoofd},x} - 0,5 * d_{\text{hoofd},y} = 202 \text{ mm}$$

$$d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2 = 208 \text{ mm}$$

Materialen en veiligheidsfactoren

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C20/25
$f_{ck} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd} =$	$f_{ck} / 1,5$	=	13 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ywd} =$	500 / 1,15	=	435 N/mm <sup>2</sup>

Belastingen

$$V_{Ed} = 550 \text{ kN}$$

Controle schuifspanning direct naast de kolom

$$\text{Middenkolom } \beta = 1,15$$

$$u_0 = 2 * c_1 + 2 * c_2 = 1160 \text{ mm}$$

$$v_{Rdmax} = 0,5 * 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) * f_{cd} = 3,59 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Ed,max} = \frac{\beta * V_{Ed}}{u_0 * d_{\text{eff}}} * 10^3 = \frac{1,15 * 550}{1160 * 208} * 10^3 = 2,62 \text{ N/mm}^2 < v_{Rdmax}$$

Controle schuifspanning eerste controledoorsnede

$$u_1 = 2 * \pi * 2 * d_{\text{eff}} + u_0 = 3774 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}k &= \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d_{\text{eff}}}}; 2\right) &= 1,98 \\ \rho &= \text{MIN}\left(\sqrt{\rho_{1x} * \rho_{1y}}; 0,02\right) &= 0,02 \\ C_{\text{Rd,c}} &= &0,12 \\ v_{\text{min}} &= 0,035 * k^{2/3} * f_{\text{ck}}^{1/2} = 0,035 * 1,98^{2/3} * 20^{1/2} &= 0,25 \text{ N/mm}^2 \\ v_{\text{Rd,c}} &= C_{\text{Rd,c}} * k * (100 * \rho * f_{\text{ck}})^{1/3} &= 0,81 \text{ N/mm}^2 \\ v_{\text{Rd,c}} &= \text{MAX}(v_{\text{Rd,c}}; v_{\text{min}}) &= 0,81 \text{ N/mm}^2 \\ v_{\text{Ed,max}} &= \frac{\beta * V_{\text{Ed}}}{u_1 * d_{\text{eff}}} * 10^3 = \frac{1,15 * 550}{3774 * 208} * 10^3 &= 0,81 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Bepaling vereiste hoeveelheid ponswapening (artikel 6.4.5)

$$\begin{aligned}f_{\text{ywd,ef}} &= \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{\text{eff}}; f_{\text{ywd}}) &= 302 \text{ N/mm}^2 \\ s_r &= &100 \text{ mm} \\ \alpha &= &90^\circ\end{aligned}$$

$$A_{\text{sw}} = \frac{(v_{\text{Ed,max}} - 0,75 * v_{\text{Rd,c}})}{1,5 * (d_{\text{eff}} / s_r) * f_{\text{ywd,ef}} * \frac{1}{u_1 * d_{\text{eff}}} * \sin(\alpha)} = 169 \text{ mm}^2$$

Bepaling van de controle-omtrek waarvoor geen ponswapening meer is vereist

$$\begin{aligned}u_{\text{out,ef}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (v_{\text{Rd,c}} * d_{\text{eff}}) * 10^3 &= 3754 \text{ mm} \\ r_{\text{out,ef}} &= (u_{\text{out,ef}} - u_0) / (2 * \pi) &= 413 \text{ mm}\end{aligned}$$

$r_{\text{out,ef}}$  is de afstand tussen de buitenkant van de kolom tot aan de controle-omtrek



### Verankeringslengte

Bepaling verankeringslengte langswapening  
NEN-EN 1992-1-1

$$\text{Staafdiameter } d_{\text{hoofd}} = 16 \text{ mm} \leq 32$$

$$\text{Aanwezige dekking op de staaf } c_d = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Staalspanning } \sigma_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beton} = \text{SEL}(\text{"NL/betonsterkteklassen";Naam;fck}\leq 50) = \text{C28/35}$$

$$f_{\text{ctk},0,05} = \text{TAB}(\text{"NL/betonsterkteklassen";fctk005;Naam=Beton}) = 2,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{\text{ctd}} = 1,0 * f_{\text{ctk},0,05} / 1,5 = 1,33 \text{ N/mm}^2$$

De aanhechtingsomstandigheden zijn:

$$\text{Omstandigheden: SEL}(\text{"NL/Verankering";Tekst;Nummer}<3) = \text{Goede omstandigheden}$$

$$\eta_1 = \text{TAB}(\text{"NL/Verankering";Nummer;Tekst=Omstandigheden}) = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

De uiterst opneembare aanhechtspanning is:

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{\text{ctd}} = 2,25 * 1,0 * 1,0 * 1,33 = 2,99 \text{ N/mm}^2$$

De basisverankeringslengte is

$$l_{b,rqd} = (d_{\text{hoofd}} / 4) * (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (16 / 4) * (435 / 2,99) = 582 \text{ mm}$$

De rekenwaarde voor de verankeringslengte van een rechte staaf is:

$$\alpha_1 = 1,00$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 * (c_d - d_{\text{hoofd}}) / d_{\text{hoofd}} = 0,96 \geq 0,70$$

$$\alpha_3 = 1,00$$

$$\alpha_4 = 1,00$$

$$\alpha_5 = 1,00$$

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd} = 559 \text{ mm}$$

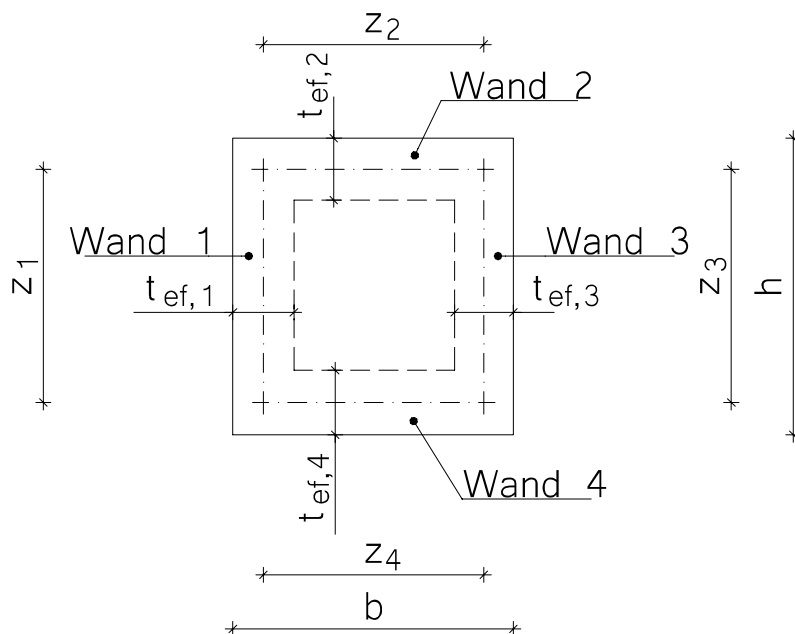
$$l_{bmin} = \text{MAX}(0,3 * l_{b,rqd} ; 10 * d_{\text{hoofd}} ; 100) = 175 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \text{MAX}(l_{bd} ; l_{bmin}) = 559 \text{ mm}$$

### Wringing

Berekening wringing en dwarskracht van rechthoekige betondoorsnede  
NEN-EN 1992-1-1 artikel 6.2 en 6.3

Geometrie



Hoogte  $h =$  800 mm  
 Breedte  $b =$  500 mm  
 Diameterhoofdwapening  $d_{hoofd} =$  12 mm  
 Dekking  $c_{nom} =$  35 mm  
 Diameterbeugels  $d_{beugels} =$  8 mm

$$A_{beugel} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{beugels}^2 = 50 \text{ mm}^2$$

$$d = h - c_{nom} - d_{beugels} - \frac{1}{2} \cdot d_{hoofd} = 751 \text{ mm}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 751 = 676 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 500 \cdot 800 = 400000 \text{ mm}^2$$

$$u = b + h + b + h = 500 + 800 + 500 + 800 = 2600 \text{ mm}$$

$$t_{ef} = \frac{A}{u} = \frac{400000}{2600} = 154 \text{ mm}$$

De minimale waarde voor  $t_{ef}$  is:

$$t_{ef,grens} = 2 \cdot (c_{nom} + d_{beugels} + \frac{1}{2} \cdot d_{hoofd}) = 98 \text{ mm}$$

$$t_{ef} = \text{MAX}(t_{ef}; t_{ef,grens}) = 154 \text{ mm}$$

$$t_{ef,1} = t_{ef} = 154 \text{ mm}$$

$$t_{ef,2} = t_{ef} = 154 \text{ mm}$$

$$t_{ef,3} = t_{ef} = 154 \text{ mm}$$

$$t_{ef,4} = t_{ef} = 154 \text{ mm}$$

$$z_1 = h - \frac{1}{2} \cdot t_{ef,4} - \frac{1}{2} \cdot t_{ef,2} = 646 \text{ mm}$$

$$z_2 = b - \frac{1}{2} \cdot t_{ef,1} - \frac{1}{2} \cdot t_{ef,3} = 346 \text{ mm}$$

$$z_3 = z_1 = 646 \text{ mm}$$

$$z_4 = z_2 = 346 \text{ mm}$$

$$A_k = z_1 \cdot z_2 = 646 \cdot 346 = 223516 \text{ mm}^2$$

$$u_k = z_1 + z_2 + z_3 + z_4 = 646 + 346 + 646 + 346 = 1984 \text{ mm}$$



### Materialen

$$\begin{aligned} \text{Beton} &= \text{SEL}(\text{"NL/betonsterkteklassen";Naam;fck}\leq 50) &= \text{C28/35} \\ f_{ck} &= \text{TAB}(\text{"NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton}) &= 28 \text{ N/mm}^2 \\ f_{cd} &= f_{ck} / 1,5 &= 19 \text{ N/mm}^2 \\ f_{yd} &= 500 / 1,15 &= 435 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### Belasting

$$\begin{aligned} T_{Ed} &= 50 \text{ kNm} \\ V_{Ed} &= 60 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Controle betondrukdiagonalen

$$\begin{aligned} v &= 0,6 * \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) &= 0,53 \\ T_{Rd,max} &= v * 1,0 * f_{cd} * A_k * t_{ef} * 10^{-6} &= 347 \text{ kNm} \\ V_{Rd,max} &= 1/2 * 1,0 * b * z * v * f_{cd} * 10^{-3} &= 1702 \text{ kN} \\ \text{Toetsing} &= T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max} &= 0,18 \leq 1,00 \end{aligned}$$

### Berekening benodigde langswapening voor wrijving

$$\Sigma A_{sl} = \frac{u_k * T_{Ed}}{f_{yd} * 2 * A_k} * 10^6 = 510 \text{ mm}^2$$

### Beugelwapening

Benodigde beugelwapening wand 2 en 4 is:

$$\begin{aligned} \tau_{t,2} &= \frac{T_{Ed} * 10^6}{2 * A_k * t_{ef,2}} = \frac{50 * 10^6}{2 * 223516 * 154} &= 0,73 \text{ N/mm}^2 \\ V_{Ed,2} &= \tau_{t,2} * t_{ef,2} * z_2 = 0,73 * 154 * 346 &= 39 * 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

maximale hoh afstand van de beugels in wand 2 en 4 is:

$$s_2 = \frac{A_{beugel}}{V_{Ed,2}} * z_2 * f_{yd} = \frac{50}{39000} * 346 * 435 = 193 \text{ mm}$$

Benodigde beugelwapening wand 3 (torsie en dwarskracht gecombineerd)

$$\begin{aligned} \tau_{t,3} &= \frac{T_{Ed} * 10^6}{2 * A_k * t_{ef,3}} = \frac{50 * 10^6}{2 * 223516 * 154} &= 0,73 \text{ N/mm}^2 \\ V_{Ed,3} &= \tau_{t,3} * t_{ef,3} * z_3 + V_{Ed} * \frac{1}{2} * 10^3 \\ &= 0,73 * 154 * 646 + 60 * \frac{1}{2} * 10^3 &= 103 * 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

maximale hoh afstand van de beugels in wand 3 is:

$$s_3 = \frac{A_{beugel}}{V_{Ed,3}} * z_1 * f_{yd} = 136 \text{ mm}$$

De maximale hoh afstand van de beugels is:

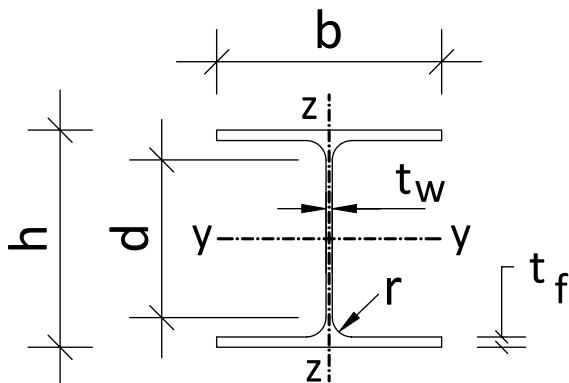
$$s = \text{MIN}(s_2; s_3) = 136 \text{ mm}$$

## Hoofdstuk staal

### Afschuiving

Afschuiving volgen NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.2.6  
doorsnede klassen 1 en 2

Geometrie



Materialen en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;fy<356)	=	S235
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEA 280
Afschuifoppervlak $A_v$ =	TAB("NL/"Profieltype;Av;Naam=profiel)	=	3178 mm <sup>2</sup>

Belastingen

$$V_{Ed} = 275 \text{ kN}$$

Sterkte

$$\text{Plastische weerstand } V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{1,0} \cdot 10^{-3} = 431 \text{ kN}$$

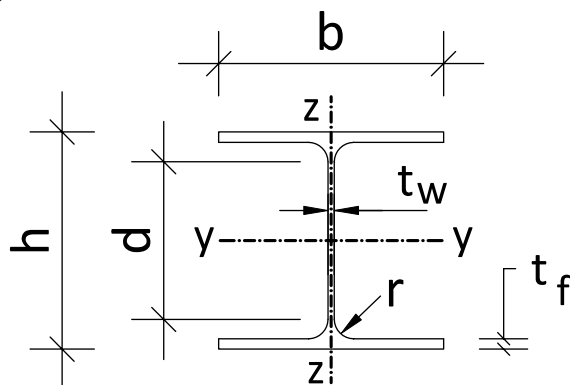
Toetsing

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = 431 \text{ kN}$$

$$uc = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{275}{431} = 0,64 \leq 1,00$$

Afschuiving volgen NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.2.6  
doorsnede klassen 3 en 4

### Geometrie



### Materialen en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;fy<356)	=	S235
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEA 800
Flensdikte $t_f$ =	TAB("NL/"Profieltype;tf;Naam=profiel)	=	28,0 mm
Lijfdikte $t_w$ =	TAB("NL/"Profieltype;tw;Naam=profiel)	=	15,0 mm
Profielhoogte $h$ =	TAB("NL/"Profieltype;h;Naam=profiel)	=	790 mm
Profielbreedte $b$ =	TAB("NL/"Profieltype;b;Naam=profiel)	=	300 mm
Hoogte lijf $h_w$ =	$h - 2 * t_f = 790 - 2 * 28,0$	=	734 mm
$A_w$ =	$h_w * t_w = 734 * 15,0$	=	11010 mm <sup>2</sup>
$A_f$ =	$b * t_f = 300 * 28,0$	=	8400 mm <sup>2</sup>
$\eta$ =		=	1,20
$\varepsilon$ =	$\sqrt{f_y / 235}$	=	1,00

### Belastingen

$$V_{Ed} = 1425 \text{ kN}$$

### Toetsing

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{8400}{11010} = 0,76 \geq 0,6$$

Het oppervlakte van de flens is voldoende groot dus de schuifspanning mag gelijkmatig verdeeld over de hoogte van het lijf worden gerekend.

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} * 10^3}{A_w} = \frac{1425}{11010} * 10^3 = 129 \text{ N/mm}^2$$

$$u_c = \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} * 1,0)} = 0,95 \leq 1,00$$

$$\frac{h_w / t_w}{72 * \frac{\varepsilon}{\eta}} = 0,82 \leq 1,00$$

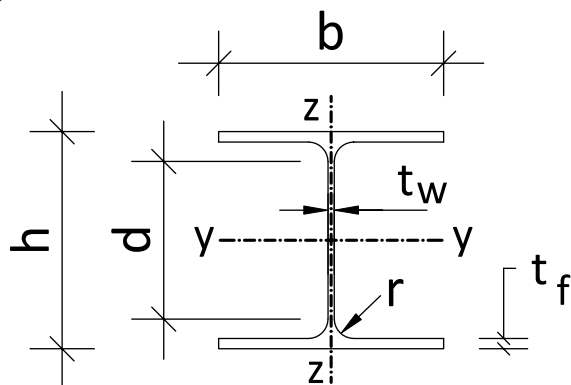
Dus er is geen controle op plooiën noodzakelijk



### Axiale druk

Axiale druk volgen NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.2.4  
doorsnede klassen 1 t/m 3

Geometrie



Materialen en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;fy<356)	=	S235
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEB
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEB 200
Oppervlak A =	TAB("NL/"Profieltype;A;Naam=profiel)	=	7810 mm <sup>2</sup>

Belastingen

$$N_{Ed} = 1430 \text{ kN}$$

Sterkte

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{1,0} * 10^{-3} = 1835 \text{ kN}$$

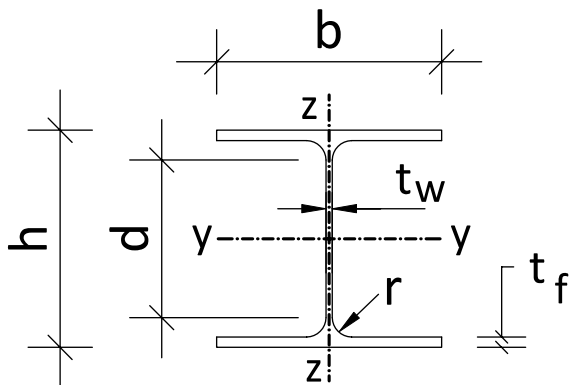
Toetsing

$$uc = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{1430}{1835} = 0,78 \leq 1,00$$

### Axiale trek

Axiale trek volgen NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.2.3

Geometrie



Materialen en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;fy<356)	=	S235
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
$f_u$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fu;Naam=Staal)	=	360 N/mm <sup>2</sup>
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEA 140
Oppervlak A =	TAB("NL/"Profieltype;A;Naam=profiel)	=	3140 mm <sup>2</sup>
Flensdikte $t_f$ =	TAB("NL/"Profieltype;tf;Naam=profiel)	=	8,5 mm

gataftrek =	$4 * 18 * 8,5$	=	612 mm <sup>2</sup>
Netto oppervlak $A_{net}$ =	$3140 - 612$	=	2528 mm <sup>2</sup>

Belastingen

$N_{Ed}$ =		=	600 kN
------------	--	---	--------

Sterkte

$N_{pl,Rd}$ =	$\frac{A * f_y}{1,0} * 10^{-3}$	=	738 kN
$N_{u,Rd}$ =	$\frac{0,9 * A_{net} * f_u}{1,25} * 10^{-3}$	=	655 kN
$N_{t,Rd}$ =	MIN( $N_{pl,Rd}$ ; $N_{u,Rd}$ )	=	655 kN

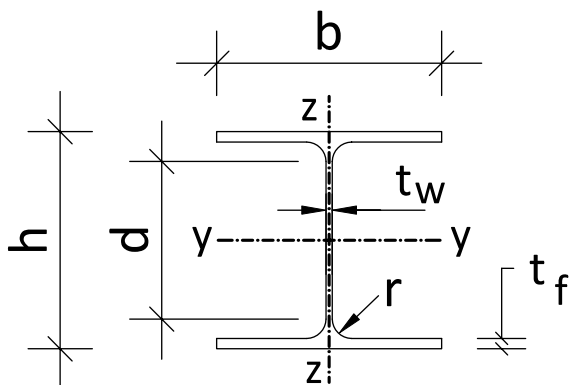
Toetsing

uc =	$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}}$	=	$0,92 \leq 1,00$
------	---------------------------	---	------------------

### Buiging

Buiging volgen NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.2.5  
doorsnede klassen 1 en 2

Geometrie



Materialen en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;fy<356)	=	S235
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEB
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEB 200
Weerstandsmoment $W_{pl}$ =	TAB("NL/"Profieltype;Wypl;Naam=profiel)	=	643*10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>

Belastingen

$$M_{Ed} = 89 \text{ kNm}$$

Sterkte

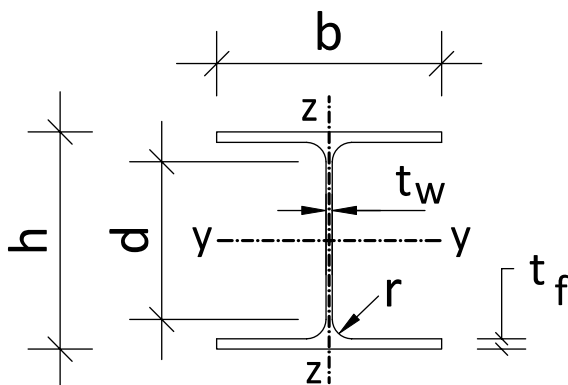
$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{1,0} * 10^{-6} = 151 \text{ kN}$$

Toetsing

$$uc = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{89}{151} = 0,59 \leq 1,00$$

Buiging volgen NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.2.5  
doorsnede klasse 3

Geometrie



Materialen en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;fy<356)	=	S235
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEA 260
Weerstandsmoment $W_{el}$ =	TAB("NL/"Profieltype;Wyel;Naam=profiel)	=	836*10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>

Belastingen

$$M_{Ed} = 89 \text{ kNm}$$

Sterkte

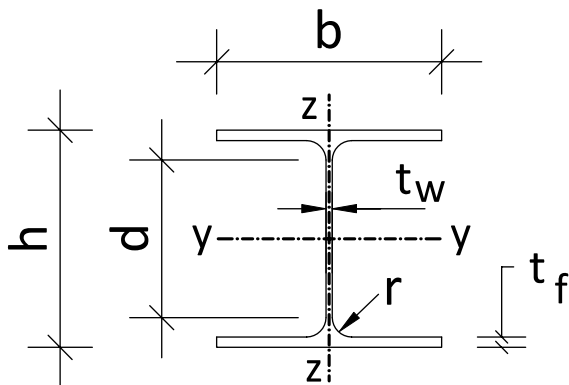
$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} * f_y}{1,0} * 10^{-6} = 196 \text{ kN}$$

Toetsing

$$uc = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{89}{196} = 0,45 \leq 1,00$$

### Kip

Berekening kip van een op buiging belaste stalen ligger  
 NEN-EN 1993-1-1:2006+C1 artikel 6.3.2.4 (vereenvoudigde methode)



Materialen, materialenfactoren en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S235
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal"; $f_y$ ;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
E =	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm <sup>2</sup>
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEA 280
b =	TAB("NL/"Profieltype;b;Naam=profiel)	=	280 mm
d =	TAB("NL/"Profieltype;d;Naam=profiel)	=	196 mm
$t_w$ =	TAB("NL/"Profieltype; $t_w$ ;Naam=profiel)	=	8 mm
$t_f$ =	TAB("NL/"Profieltype; $t_f$ ;Naam=profiel)	=	13,0 mm

Belastingen en steunen

Moment $M_{Ed}$ =	185 kNm
Lengte tussen de steunen $L_c$ =	6,00 m
Slankheidscorrectiefactor volgens tabel 6.6 $k_c$ =	1,00

Toetsing gevoeligheid voor kip

$I_{f,z}$ =	$\left( \frac{1}{12} * t_f * b^3 + \frac{1}{12} * d / 6 * t_w^3 \right)$	=	$2378 * 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{f,z}$ =	$t_f * b + d / 6 * t_w$	=	$3901 \text{ mm}^2$
$i_{f,z}$ =	$\sqrt{\frac{I_{f,z}}{A_{f,z}}}$	=	78 mm
$\lambda_1$ =	$\pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	93,9
$\lambda_{c0}$ =		=	0,20
$W_y$ =	$\frac{1}{6} * t_f * b^2$	=	$170 * 10^3 \text{ mm}^3$
$M_{c,Rd}$ =	$W_y * \frac{f_y}{1,0} * 10^{-6}$	=	40 kNm
Grenswaarde =	$\lambda_{c0} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}}$	=	0,04
$\lambda_f$ =	$\frac{k_c * L_c}{i_{f,z} * \lambda_1} * 10^3$	=	$0,82 \geq \text{Grenswaarde}$

Als  $\lambda_f$  kleiner is dan de grenswaarde is de ligger niet gevoelig voor kip.



Bepaling rekenwaarde van de kipweerstand

Geen gelaste profielen dus kromme c wordt toegepast.

Tabel 6.3 geeft $\alpha_{LT}$ =			0,49
$k_{fl}$ =			1,10
$\Phi_f$ =	$0,5 * (1 + \alpha_{LT} * (\lambda_f - 0,4) + 0,75 * \lambda_f^2)$	=	0,86
$\chi$ =	$\text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - 0,75 * \lambda_f^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_f}\right)$	=	0,74
$W_y$ =	TAB("NL/"Profieltype;Wyel;Naam=profiel)	=	$1010 * 10^3 \text{ mm}^3$
$M_{c,Rd}$ =	$W_y * \frac{f_y}{1,0} * 10^{-6}$	=	237 kNm
$M_{b,Rd}$ =	$\text{MIN}(k_{fl} * \chi * M_{c,Rd}; M_{c,Rd})$	=	193 kNm

Toetsing

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{185}{193} = 0,96 \leq 1,00$$



### Knik en buiging

Controle op buiging en druk belaste staaf

NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.3 Doorsneden van klasse 1 en 2, gewalste I en H profielen

#### Geometrie

Staaf lengte l =		=	5,00 m
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEB
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEB 300
Oppervlak staalprfl A =	TAB("NL/"Profieltype;A;Naam=profiel)	=	14900 mm <sup>2</sup>
Weerstandsmoment $W_{y,pl}$ =	TAB("NL/"Profieltype;WypI;Naam=profiel)	=	1869*10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
Traagheidsstraal $i_z$ =	TAB("NL/"Profieltype;iz;Naam=profiel)	=	76 mm
Traagheidsstraal $i_y$ =	TAB("NL/"Profieltype;iy;Naam=profiel)	=	130 mm
Inwendige hoogte d =	TAB("NL/"Profieltype;d;Naam=profiel)	=	208 mm
Breedte profiel b =	TAB("NL/"Profieltype;b;Naam=profiel)	=	300 mm
Dikte lijf $t_w$ =	TAB("NL/"Profieltype;tw;Naam=profiel)	=	11 mm
Dikte flens $t_f$ =	TAB("NL/"Profieltype;tf;Naam=profiel)	=	19,0 mm

#### Materiaal

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S235
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
E =	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$ =	$f_y / 1,0$	=	235 N/mm <sup>2</sup>
$\lambda_1$ =	$\pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	94

#### Belastingen

Drukkracht in staaf $N_{Ed}$ =			1300 kN
Buiging sterke as $M_{y,Ed}$ =			87 kNm
Slankeheidscorrectiefactor volgens tabel 6.6 $k_c$ =			1,00

#### Bepaling knikreductiefactor om zwakke as

$L_{cr}$ =	$l * 10^3$	=	5000 mm
$\lambda_{z,rel}$ =	$\frac{L_{cr} * 1}{i_z * \lambda_1}$	=	0,70
Kromme =	SEL("NL/Knik";Kromme;)	=	c
$\alpha$ =	TAB("NL/Knik";Alfa;Kromme=Kromme)	=	0,49
$\Phi$ =	$0,5 * \left( 1 + \alpha * (\lambda_{z,rel} - 0,2) + \lambda_{z,rel}^2 \right)$	=	0,87
$\chi_z$ =	$\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,rel}^2}}$	=	0,72
$N_{b,Rd}$ =	$\frac{\chi_z * A * f_y}{1,0} * 10^{-3}$	=	2521 kN

#### Bepaling knikreductiefactor om sterke as

$L_{cr}$ =	$l * 10^3$	=	5000 mm
$\lambda_{y,rel}$ =	$\frac{L_{cr} * 1}{i_y * \lambda_1}$	=	0,41
Kromme =	SEL("NL/Knik";Kromme;)	=	b
$\alpha$ =	TAB("NL/Knik";Alfa;Kromme=Kromme)	=	0,34
$\Phi$ =	$0,5 * \left( 1 + \alpha * (\lambda_{y,rel} - 0,2) + \lambda_{y,rel}^2 \right)$	=	0,62



$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,rel}^2}} = 0,92$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{1,0} * 10^{-3} = 3221 \text{ kN}$$

Bepaling kipreductiefactor volgens 6.3.2.4

$$I_{f,z} = \left( \frac{1}{12} * t_f * b^3 + \frac{1}{12} * d / 6 * t_w^3 \right) = 4275 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{f,z} = t_f * b + d / 6 * t_w = 6081 \text{ mm}^2$$

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{I_{f,z}}{A_{f,z}}} = 84 \text{ mm}$$

$$\lambda_l = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{c0} = 0,20$$

$$W_y = \frac{1}{6} * t_f * b^2 = 285 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{c,Rd} = W_y * \frac{f_y}{1,0} * 10^{-6} = 67 \text{ kNm}$$

$$\text{Grenswaarde} = \lambda_{c0} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,15$$

$$L_c = 5,00 = 5,00 \text{ m}$$

$$\lambda_f = \frac{k_c * L_c}{i_{f,z} * \lambda_l} * 10^3 = 0,63 \geq \text{Grenswaarde}$$

Als  $\lambda_f$  kleiner is dan de grenswaarde is de ligger niet gevoelig voor kip.

$$\text{Tabel 6.3 geeft } \alpha_{LT} = 0,49$$

$$k_{fl} = 1,10$$

$$\Phi_f = 0,5 * \left( 1 + \alpha_{LT} * (\lambda_f - 0,4) + 0,75 * \lambda_f^2 \right) = 0,71$$

$$\chi_{LT} = \text{MIN} \left( \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - 0,75 * \lambda_f^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_f} \right) = 0,86$$

Bepaling interactiefactoren

$$k_{zy} = 0,00 \text{ (Tabel B.1 voetnoot)}$$

$$C_{my} = 1,00 \text{ (Veilige aanname)}$$

$$\lambda_{y,rel} - 0,2 = 0,41 - 0,2 = 0,21 \leq 0,80$$

$$N_{Rk} = A * f_y * 10^{-3} = 14900 * 235 * 10^{-3} = 3502 \text{ kN}$$

$$k_{yy} = C_{my} * \left( 1 + (\lambda_{y,rel} - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / 1,0} \right) = 1,08$$

Toetsing

$$N_{Rk} = f_y * A * 10^{-3} = 3502 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y * W_{y,pl} * 10^{-6} = 439 \text{ kNm}$$





# Templates

Hoofdstuk staal

**NEN-EN**

Pagina: 25

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * \frac{M_{y,Rk}}{1,0}} + 0 = \frac{1300}{0,92 * 3502} + 1,08 * \frac{87}{0,86 * \frac{439}{1,0}} + 0 = 0,65 \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * \frac{M_{y,Rk}}{1,0}} + 0 = \frac{1300}{0,72 * 3502} + 0,00 * \frac{87}{0,86 * \frac{439}{1,0}} + 0 = 0,52 \leq 1,00$$



### Knik

Knikstabiliteit van een op druk belaste staaf

NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.1 Doorsneden van klasse 1, 2 en 3

#### Geometrie

Kolomlengte $l$ =			3,60 m
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEA 240
Oppervlak staalprfl $A$ =	TAB("NL/"Profieltype;A;Naam=profiel)	=	7680 mm <sup>2</sup>
Traagheidsstraal $i_z$ =	TAB("NL/"Profieltype;iz;Naam=profiel)	=	60 mm

#### Materiaal

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S355
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	355 N/mm <sup>2</sup>
$E$ =	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$ =	$f_y / 1,0$	=	355 N/mm <sup>2</sup>
$\lambda_1$ =	$\pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	76

#### Belastingen

Drukkracht in kolom $N_{Ed}$ =	1300 kN
--------------------------------	---------

#### Bepaling knikweerstand om zwakke as

$L_{cr}$ =	$l * 10^3$	=	3600 mm
$\lambda_{rel}$ =	$\frac{L_{cr} * 1}{i_z * \lambda_1}$	=	0,79
Kromme =	SEL("NL/Knik";Kromme;)	=	c
$\alpha$ =	TAB("NL/Knik";Alfa;Kromme=Kromme)	=	0,49
$\Phi$ =	$0,5 * \left( 1 + \alpha * (\lambda_{rel} - 0,2) + \lambda_{rel}^2 \right)$	=	0,96
$\chi$ =	$\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,66
$N_{b,Rd}$ =	$\frac{\chi * A * f_y}{1,0} * 10^{-3}$	=	1799 kN

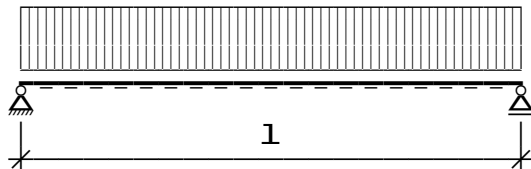
#### Toetsing

$u_c$ =	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{1300}{1799}$	=	0,72 ≤ 1
---------	---	---	----------

### Ligger

Berekening stalen ligger

Schema



De overspanning  $l = 4,50$  m

Belastingen

$$q_{pb,rep} = 21,0 \text{ kN/m}$$

$$q_{vb,rep} = 4,3 \text{ kN/m}$$

$$q_d = 1,2 * q_{pb,rep} + 1,5 * q_{vb,rep} = 31,6 \text{ kN/m}$$

Maatgevende snedekrachten

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} * q_d * l^2 = 80,0 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} * q_d * l = 71,1 \text{ kN}$$

Materiaal en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;fy<356)	=	S235
$f_y =$	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm <sup>2</sup>
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEB
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype;Naam;)	=	HEB 180
Weerstandsmoment $W_{pl} =$	TAB("NL/"Profieltype;WypI;Naam=profiel)	=	481*10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment $I_y =$	TAB("NL/"Profieltype;Iy;Naam=profiel)	=	3830*10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>
Afschuifoppervlak $A_v =$	TAB("NL/"Profieltype;Av;Naam=profiel)	=	2029 mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus $E =$	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm <sup>2</sup>

Buigsterkte (exclusief kip)

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{1,0} * 10^{-6} = 113 \text{ kN}$$

Afschuifsterkte

$$\text{Plastische weerstand } V_{pl,Rd} = \frac{A_v * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{1,0} * 10^{-3} = 275 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = 275 \text{ kN}$$

Toetsing

$$\text{Buiging } u_c = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{80,0}{113} = 0,71 \leq 1,00$$

$$\text{Afschuiving } u_c = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{71,1}{275} = 0,26 \leq 1,00$$



Vervormingen

$$I = I \cdot 10^3 = 4500 \text{ mm}^4$$

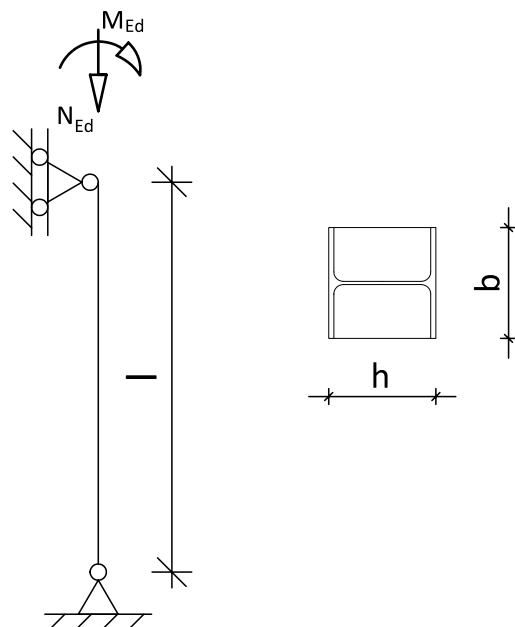
$$u_{pb} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{pb,rep} \cdot l^4}{E \cdot I_y} = 13,9 \text{ mm}$$

$$u_{vb} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{vb,rep} \cdot l^4}{E \cdot I_y} = 2,9 \text{ mm}$$

## Hoofdstuk staalbeton

### Druk en buiging

Weerstand van een staal-beton kolom belast op druk en buiging  
NEN-EN 1994-1-1 artikel 6.7.3



#### Geometrie

Kolomlengte $l$ =		=	4,00 m
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/Profieltype;Naam;)	=	HEA 300
Hoogte profiel $h$ =	TAB("NL/Profieltype;h;Naam=profiel)	=	290 mm
Breedte profiel $b$ =	TAB("NL/Profieltype;b;Naam=profiel)	=	300 mm
Dikte flens $t_f$ =	TAB("NL/Profieltype;tf;Naam=profiel)	=	14,0 mm
Dikte lijf $t_w$ =	TAB("NL/Profieltype;tw;Naam=profiel)	=	8,5 mm
Oppervlak staalprfl $A_a$ =	TAB("NL/Profieltype;A;Naam=profiel)	=	11300 mm <sup>2</sup>
Oppervlakb beton $A_c$ =	$b * h - A_a$	=	75700 mm <sup>2</sup>
$W_{a,pl}$ =	TAB("NL/Profieltype;WypI;Naam=profiel)	=	$1383 * 10^3$ mm <sup>3</sup>
$W_{c,pl}$ =	$\frac{b * h^2}{4} - W_{a,pl}$	=	$4925 * 10^3$ mm <sup>3</sup>
$I_a$ =	TAB("NL/Profieltype;Iy;Naam=profiel)	=	$18260 * 10^4$ mm <sup>4</sup>
$I_c$ =	$1/12 * b * h^3 - I_a$	=	$42713 * 10^4$ mm <sup>4</sup>
$I_{z,a}$ =	TAB("NL/Profieltype;Iz;Naam=profiel)	=	$6310 * 10^4$ mm <sup>4</sup>
$I_{z,c}$ =	$1/12 * h * b^3 - I_{z,a}$	=	$58940 * 10^4$ mm <sup>4</sup>

#### Materialen en veiligheidsfactoren

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S355
Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C20/25
$f_y$ =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	355 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$ =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	20 N/mm <sup>2</sup>
$E_a$ =	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$ =	TAB("NL/betonsterkteklassen";Ecm;Naam=Beton)	=	30000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0}$ =			1,00



$$\begin{aligned}\gamma_{M1} &= 1,00 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \\ \gamma_c &= 1,50 \\ f_{cd} &= f_{ck} / \gamma_c = 13 \text{ N/mm}^2 \\ f_{yd} &= f_y / \gamma_{M0} = 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Kruipcoëfficiënt } \varphi_t &= 3,00\end{aligned}$$

### Belastingen

$$\begin{aligned}\text{Drukkracht in kolom } N_{Ed} &= 900 \text{ kN} \\ \text{Blijvende deel van de drukkracht } N_{G,Ed} &= 0,5 * N_{Ed} = 450 \text{ kN} \\ \text{Moment in kolom } M_{Ed} &= 180 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### Toetsing

Toetsing op basis van figuur 6.19 van NEN-EN 1994-1-1

$$\begin{aligned}N_{pl,Rd} &= (A_a * f_{yd} + 0,85 * A_c * f_{cd}) * 10^{-3} = 4848 \text{ kN} \\ M_{max,Rd} &= (W_{a,pl} * f_{yd} + 0,5 * W_{c,pl} * 0,85 * f_{cd}) * 10^{-6} = 518 \text{ kNm} \\ h_n &= \frac{A_c * 0,85 * f_{cd}}{2 * (b - t_w) * 0,85 * f_{cd} + 4 * t_w * f_{yd}} = 45 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Helft lijfhoogte} &= h/2 - t_f = 131 \text{ mm} > h_n \\ M_{n,Rd} &= (t_f * h_n^2 * f_{yd} + 1/2 * (b - t_f) * h_n^2 * f_{cd}) * 10^{-6} = 14 \text{ kNm} \\ M_{pl,Rd} &= M_{max,Rd} - M_{n,Rd} = 504 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### Punt A

$$\begin{aligned}N_A &= N_{pl,Rd} = 4848 \text{ kN} \\ M_A &= 0 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### Punt B

$$\begin{aligned}N_B &= 0 \text{ kN} \\ M_B &= M_{pl,Rd} = 504 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### Punt C

$$\begin{aligned}N_C &= A_c * f_{cd} * 10^{-3} = 984 \text{ kN} \\ M_C &= M_{pl,Rd} = 504 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### Punt D

$$\begin{aligned}N_D &= 1/2 * A_c * f_{cd} * 10^{-3} = 492 \text{ kN} \\ M_D &= M_{max,Rd} = 518 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\mu_d = \text{MIN}(1 - (N_{Ed} - N_C) / (N_A - N_C); 1,0) = 1,00$$

$$\alpha_M = \text{IF}(\text{Staal}="S235" \text{ OR } \text{Staal}="S275" \text{ OR } \text{Staal}="S355"; 0,9; 0,8) = 0,90$$

Om de tweede orde effecten mee te nemen wordt de factor k bepaald volgens 6.7.3.4

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_t * \frac{N_{G,Ed}}{N_{Ed}}} = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{eff} = 0,9 * (E_a * I_a + 0,5 * E_{c,eff} * I_c) = 36818 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$N_{cr,eff} = \frac{\pi^2 * EI_{eff}}{l^2 * 10^9} = 22711 \text{ kN}$$

$$\beta = 1,00$$



$$k = \frac{\beta}{1 - N_{Ed} / N_{cr,eff}} = 1,04$$

Kromme = SEL("NL/Knik";Kromme;) = b

Beginexcentriciteit is  $e_0 = I * 10^3 * TAB("NL/Knik";e0;Kromme=Kromme) = 20 \text{ mm}$

$$\text{Toetsing buiging} = \frac{M_{Ed} * k + N_{Ed} * e_0 * 10^{-3}}{\mu_d * M_{pl,Rd}} = 0,41 \leq \alpha_M$$

Buiging voldoet, in de controle is rekening gehouden met de aanwezige drukkracht.

Controle staalbijdrage

$$\text{Maximum staalbijdrage } \delta = \frac{A_a * f_{yd}}{N_{pl,Rd} * 10^3} = 0,83 \leq 0,9$$

$$\text{Minumum staalbijdrage } \delta = \delta = 0,83 \geq 0,2$$

Staalbijdrage ligt binnen de onder en bovengrens.

Toetsing normaalkracht zwakke as

$$N_{pl,Rd} = (A_a * f_y / \gamma_{M1} + 0,85 * A_c * f_{cd}) * 10^{-3} = 4848 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk} = (A_a * f_y + 0,85 * A_c * f_{ck}) * 10^{-3} = 5298 \text{ kN}$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_t * \frac{N_{G,Ed}}{N_{Ed}}} = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{z,eff} = 0,9 * (E_a * I_{z,a} + 0,5 * E_{c,eff} * I_{z,c}) = 15109 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$N_{cr,eff} = \frac{\pi^2 * EI_{z,eff}}{I^2 * 10^9} = 9320 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr,eff}}} = 0,75$$

Kromme = SEL("NL/Knik";Kromme;) = b

$\alpha = TAB("NL/Knik";Alfa;Kromme=Kromme) = 0,34$

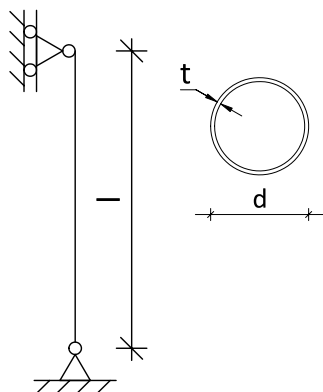
$$\Phi = \frac{0,5 * (1 + \alpha * (\lambda - 0,2) + \lambda^2)}{1} = 0,87$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,76$$

$$\text{Toetsing normaalkracht} = \frac{N_{Ed}}{\chi * N_{pl,Rd}} = \frac{900}{0,76 * 4848} = 0,24 \leq 1$$

## Knik

Weerstand van een staal-beton kolom belast op druk  
NEN-EN 1994-1-1 artikel 6.7.3



### Geometrie

Kolomlengte $l =$		6,00 m
Diameter $d =$		273 mm
Wanddikte $t =$		6,3 mm
Oppervlakt beton $A_c =$	$1/4 * \pi * (d - 2 * t)^2$	$= 53256 \text{ mm}^2$
Oppervlakt staalprfl $A_a =$	$1/4 * \pi * d^2 - A_c$	$= 5279 \text{ mm}^2$
Traagheidsmoment beton $I_c =$	$\frac{\pi * (d - 2 * t)^4}{64}$	$= 22570 * 10^4 \text{ mm}^4$
Traagheidsmoment staal $I_a =$	$\frac{\pi * d^4}{64} - I_c$	$= 4696 * 10^4 \text{ mm}^4$

### Materialen en veiligheidsfactoren

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S355
Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C20/25
$f_y =$	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	355 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	20 N/mm <sup>2</sup>
$E_a =$	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";Ecm;Naam=Beton)	=	30000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0} =$			1,00
$\gamma_{M1} =$			1,00
$\gamma_c =$			1,50
$f_{cd} =$	$f_{ck} / \gamma_c$	=	13 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd} =$	$f_y / \gamma_{M0}$	=	355 N/mm <sup>2</sup>
Kruipcoëfficiënt $\varphi_t =$			3,00

### Belastingen

Drukkracht in kolom $N_{Ed} =$		1575 kN
Blijvende deel van de drukkracht $N_{G,Ed} =$	$0,5 * N_{Ed}$	$= 788 \text{ kN}$

### Toetsing normaalkracht

$N_{pl,Rd} =$	$(A_a * f_y / \gamma_{M1} + 0,85 * A_c * f_{cd}) * 10^{-3}$	$= 2463 \text{ kN}$
$N_{pl,Rk} =$	$(A_a * f_y + 0,85 * A_c * f_{ck}) * 10^{-3}$	$= 2779 \text{ kN}$





$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_t \cdot \frac{N_{G,Ed}}{N_{Ed}}} = 11995 \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{eff} = E_a \cdot I_a + 0,6 \cdot E_{c,eff} \cdot I_c = 11486 \cdot 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$N_{cr,eff} = \frac{\pi^2 \cdot EI_{eff}}{l^2 \cdot 10^9} = 3149 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr,eff}}} = 0,94$$

Kromme = SEL("NL/Knik";Kromme;) = a  
 $\alpha =$  TAB("NL/Knik";Alfa;Kromme=Kromme) = 0,21

$$\Phi = \frac{0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2)}{1} = 1,02$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,71$$

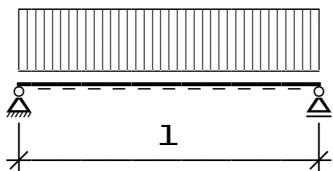
$$\text{Toetsing normaalkracht} = \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl,Rd}} = \frac{1575}{0,71 \cdot 2463} = 0,90 \leq 1$$

## Staal-beton ligger

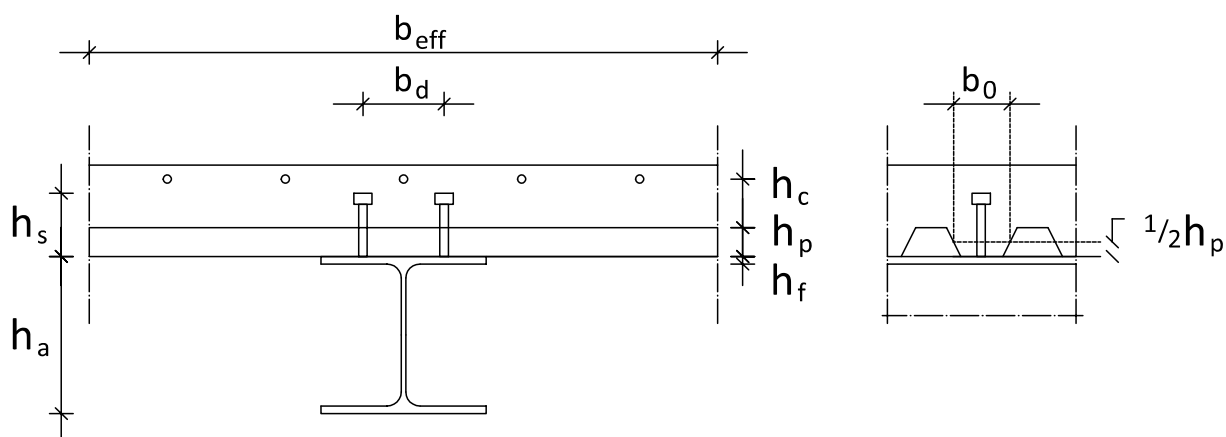
Staalbeton ligger op vrij opgelegd

Geometrie

Schema



Doorsnede van de staalbetonligger



Overspanning $l =$			12,000 m
Profieltype =	SEL("NL/profielen";Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/Profieltype;Naam;)	=	HEA 500
Profielhoogte $h_a =$	TAB("NL/Profieltype;h;Naam=profiel)	=	490 mm
Profielbreedte $b_a =$	TAB("NL/Profieltype;b;Naam=profiel)	=	300 mm
Flensdikte $t_f =$	TAB("NL/Profieltype;tf;Naam=profiel)	=	23,0 mm
Lijfdikte $t_w =$	TAB("NL/Profieltype;tw;Naam=profiel)	=	12,0 mm
$h_c =$			64 mm
$h_p =$			46 mm
Oppervlak $A =$	TAB("NL/Profieltype;A;Naam=profiel)	=	19800 mm <sup>2</sup>
Weerstandsmoment $W_{pl,a} =$	TAB("NL/Profieltype;Wypl;Naam=profiel)	=	3949000 mm <sup>3</sup>
Afschuioppervlak $A_v =$	TAB("NL/Profieltype;Av;Naam=profiel)	=	8970 mm <sup>2</sup>

Wapening over $b_{eff}$ $A_s =$		500 mm <sup>2</sup>
Dekking $c_s =$		15 mm
$b_d =$		150 mm
$b_{eff} =$	$b_d + 2 * l / 8 * 10^3$	= 3150 mm

Schachtdiameter deuveld $d =$		19 mm
Hoogte deugel $h_{sc} =$		85 mm
$4 * d$	=	76 mm < $h_{sc}$
dus $\alpha =$		1,0

Plaatdikte $t =$		1,20 mm
------------------	--	---------

Materialen en veiligheidsfactoren



$$\begin{aligned}
 \text{Staal} &= \text{SEL}(\text{"NL/Constructiestaal";Naam;}) &= & \text{S355} \\
 \text{Beton} &= \text{SEL}(\text{"NL/betonsterkteklassen";Naam;fck}\leq 50) &= & \text{C28/35} \\
 f_{yk} &= \text{TAB}(\text{"NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal}) &= & 355 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{ck} &= \text{TAB}(\text{"NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton}) &= & 28 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{sk} &= & & 500 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{yd} &= f_{yk} / 1,0 &= & 355 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{cd} &= f_{ck} / 1,50 &= & 18,7 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{sd} &= f_{sk} / 1,15 &= & 435 \text{ N/mm}^2 \\
 \varepsilon &= \sqrt{235/f_{yd}} &= & 0,814 \\
 f_u &= & & 450 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cm} &= \text{TAB}(\text{"NL/betonsterkteklassen";Ecm;Naam=Beton}) &= & 31000 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

### Belastingen

$$\begin{aligned}
 \text{Permanente belasting } g_k &= 50 \text{ kN/m} \\
 \text{Veranderlijke belasting } q_k &= 25 \text{ kN/m} \\
 \text{Rekenwaarde } q_d &= 1,2 * g_k + 1,5 * q_k = 98 \text{ kN/m} \\
 M_{Ed} &= 1/8 * q_d * l^2 = 1764 \text{ kNm} \\
 V_{Ed} &= 1/2 * q_d * l = 588 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### Bepaling ligging neutrale lijn

$$\begin{aligned}
 N_c &= h_c * b_{eff} * 0,85 * f_{cd} * 10^{-3} = 3204 \text{ kN} \\
 N_a &= A * f_{yd} * 10^{-3} = 7029 \text{ kN} \\
 N_{lijf} &= (h_a - 2 * t_f) * t_w * f_{yd} * 10^{-3} = 1891 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Geval: IF}(N_c > N_a; 1; \text{IF}(N_c > N_{lijf}; 2; 3)) = 2$$

Geval 1 is neutrale lijn in betonnen plaat;  $N_c > N_a$

Geval 2 is neutrale lijn in de flens van het staalprofiel;  $N_a > N_c > N_{lijf}$

Geval 3 is neutrale lijn in het lijf van het staalprofiel;  $N_{lijf} > N_c$

### Bepaling plastisch momentweerstand (zelf juiste geval kiezen)

#### Geval 1

$$x_{pl} = \frac{A * f_{yd}}{b_{eff} * 0,85 * f_{cd}} = 140 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = A * f_{yd} * \left( \frac{1}{2} * h_a + h_p + h_c - \frac{1}{2} * x_{pl} \right) * 10^{-6} = 2003 \text{ kNm}$$

#### Geval 2

$$N_c = N_c * 10^3 = 3204000 \text{ N}$$

$$M_{pl,Rd} = N_c * \left( \frac{1}{2} * h_a + h_p + \frac{1}{2} * h_c \right) + \frac{1}{2} * (A * f_{yd} - N_c) * \left( h_a - \frac{A * f_{yd} - N_c}{2 * b_a * f_{yd}} \right) = 1937672810 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd} = M_{pl,Rd} * 10^{-6} = 1938 \text{ kNm}$$

#### Geval 3

$$M_{pl,Rd} = N_c * \left( \frac{1}{2} * h_a + h_p + \frac{1}{2} * h_c \right) + W_{pl,a} * f_{yd} - \frac{N_c^2}{4 * t_w * f_{yd}} = 1834344746 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd} = M_{pl,Rd} * 10^{-6} = 1834 \text{ kNm}$$

$$\text{Toetsing: } M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0,96 < 1$$

### Bepaling plastische dwarskrachtweerstand



$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_{yd}}{\sqrt{3}} * 10^{-3} = 1838 \text{ kN}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} = 919 > V_{Ed}$$

Dus geen gecombineerde toetsing tussen dwarskracht en moment noodzakelijk

$$h_a / t_w * \varepsilon = 33 < 72$$

Dus geen toetsing op weerstand tegen plooiën noodzakelijk

$$\text{Toetsing: } V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,32 < 1$$

Bepaling van de rekenwaarde voor de afschuifsterkte van de deuvels

$$\text{Afschuiven stiftdeugel } P_{Rd,1} = \frac{0,8 * f_u * \frac{1}{4} * \pi * d^2}{1,25} = 81656 \text{ N}$$

$$\text{Verbrijzelen beton } P_{Rd,2} = \frac{0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}}}{1,25} = 78029 \text{ N}$$

De ribben van de staalplaat liggen haaks op de stalenligger daarom wordt de deugelsterkte gereduceerd.

Het aantal deuvels per rib is:

$$n_r = 1$$

De breedte tussen twee ribben op de hoogte  $1/2 * h_p$  is:

$$b_0 = 136 \text{ mm}$$

De reductie factor is:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} * \frac{b_0}{h_p} * \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 1,75$$

$$k_{t,max} = \text{IF}(t > 1,0; \text{IF}(n_r = 1; 1; 0,80); \text{IF}(n_r = 1; 0,85; 0,70)) = 1,00$$

$$k_t = \text{MIN}(k_t; k_{t,max}) = 1,00$$

Afschuifsterkte van de deuvels is:

$$P_{Rd} = k_t * \text{MIN}(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) * 10^{-3} = 78 \text{ kN}$$

Bepaling aantal benodigde deuvels

De schuifkracht tussen het beton en de stalenligger wordt bepaald door de kleinste waarde van de volgende twee formules

$$V_{l,Ed,1} = A * f_{yd} * 10^{-3} = 7029 \text{ kN}$$

$$V_{l,Ed,2} = h_c * b_{eff} * 0,85 * f_{cd} * 10^{-3} = 3204 \text{ kN}$$

$$V_{l,Ed} = \text{MIN}(V_{l,Ed,1}; V_{l,Ed,2}) = 3204 \text{ kN}$$

Het aantal deuvels per liggerhelft wordt:

$$n_f = \frac{V_{l,Ed}}{P_{Rd}} = 41$$



## Hoofdstuk hout

### Afschuiving

Toetsing afschuifsterkte volgens

Afmetingen balk:

Balk =	SEL("NL/Houtxtra";Naam;b>10)	=	71 x 221
Breedte balk b =	TAB("NL/Houtxtra";b;Naam=Balk)	=	71 mm
Hoogte balk h =	TAB("NL/Houtxtra";h;Naam=Balk)	=	221 mm
$I_y$ =	TAB("NL/Houtxtra";Iy;Naam=Balk)	=	$6386 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
W =	TAB("NL/Houtxtra";Wy;Naam=Balk)	=	$578 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Materiaal eigenschappen

Sterkteklasse K =	SEL("NL/HoutEC";Naam;)	=	C24
Schuifsterkte $f_{v,k}$ =	TAB("NL/HoutEC";fvk;Naam=K)	=	4,00 N/mm <sup>2</sup>

Klimaatklasse KK =	SEL("NL/HoutextraEC";Klimaatklasse;)	=	1
Belastingduurklasse BK =	SEL("NL/HoutextraEC";Belastingduurklasse;)	=	Kort
Modificatiefactor $k_{mod}$ =	TAB("NL/HoutextraEC";kmod;KK=KK;BK=BK)	=	0,90

Belasting

$V_d$ =	12 kN
---------	-------

Toetsing

$$\sigma_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d \cdot 10^3}{b \cdot h} = 1,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{1,3} = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{1,15}{2,77} = 0,42 \leq 1,00$$



### Buiging

#### Toetsing buigsterkte

##### Afmetingen balk:

Balk =	SEL("NL/Houtxtra";Naam;b>10)	=	71 x 221
Breedte balk b =	TAB("NL/Houtxtra";b;Naam=Balk)	=	71 mm
Hoogte balk h =	TAB("NL/Houtxtra";h;Naam=Balk)	=	221 mm
W =	TAB("NL/Houtxtra";Wy;Naam=Balk)	=	578*10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>

##### Materiaal eigenschappen

Sterkteklasse K =	SEL("NL/HoutEC";Naam;)	=	C22
Buigsterkte $f_{m,0,k}$ =	TAB("NL/HoutEC";fm0k;Naam=K)	=	22 N/mm <sup>2</sup>

Klimaatklasse KK =	SEL("NL/HoutextraEC";Klimaatklasse;)	=	2
Belastingduurklasse BK =	SEL("NL/HoutextraEC";Belastingduurklasse;)	=	Blijvend
Modificatiefactor $k_{mod}$ =	TAB("NL/HoutextraEC";kmod;KK=KK;BK=BK)	=	0,60
Hoogtefactor $k_h$ =	IF(h<150;MIN((150/h) <sup>0,2</sup> ;1,3);1,0)	=	1,00

##### Belasting

$$M_{y,d} = 5,60 \text{ kNm}$$

##### Toetsing

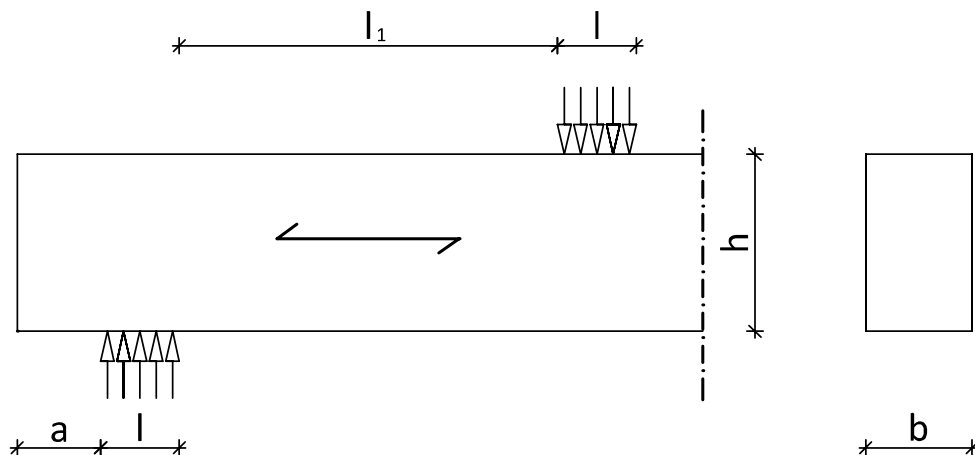
$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d} * 10^6}{W} = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,o,d} = f_{m,0,k} * \frac{k_{mod}}{1,3} * k_h = 22 * \frac{0,60}{1,3} * 1,00 = 10,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,o,d}} = \frac{9,7}{10,2} = 0,95 \leq 1,00$$

### Druk loodrecht op de vezels

Toetsing druk loodrecht op de vezel  
Volgens NEN-EN 1995-1-1 Artikel 6.1.5



Geometrie:

Balk = SEL("NL/Houtxtra";Naam;b>10) = 71 x 221  
 Breedte balk b = TAB("NL/Houtxtra";b;Naam=Balk) = 71 mm  
 Hoogte balk h = TAB("NL/Houtxtra";h;Naam=Balk) = 221 mm  
 a = 20 mm  
 l = 100 mm  
 l<sub>1</sub> = 300 mm

$l_{ef} = l + \text{MIN}(1/2*a+h/3; 2*h/3; 1/2*a+1/4*l_1; h/3+1/4*l_1)$  = 184 mm

Materiaal eigenschappen

Sterkteklasse K = SEL("NL/HoutEC";Naam;) = C24  
 Druksterkte loodrecht  $f_{c,90,k}$  = TAB("NL/HoutEC";fc90k;Naam=K) = 2,50 N/mm<sup>2</sup>  
 Klimaatklasse KK = SEL("NL/HoutextraEC";Klimaatklasse;) = 1  
 Belastingduurklasse BK = SEL("NL/HoutextraEC";Belastingduurklasse;) = Kort  
 Modificatiefactor  $k_{mod}$  = TAB("NL/HoutextraEC";kmod;KK=KK;BK=BK) = 0,90

Belasting

$F_{c,90,d}$  = 12 kN

Toetsing

$A_{ef} = b * l_{ef} = 13064 \text{ mm}^2$

$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d} * 10^3}{A_{ef}} = 0,92 \text{ N/mm}^2$

$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} * \frac{k_{mod}}{1,3} = 1,73 \text{ N/mm}^2$

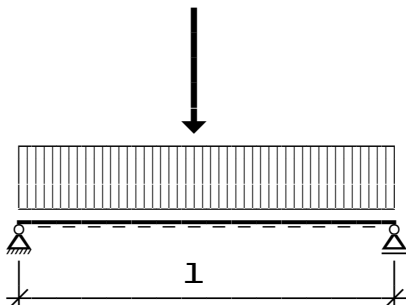
$k_{c,90} = 1,00$

$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * f_{c,90,d}} = \frac{0,92}{1,00 * 1,73} = 0,53 \leq 1,00$

### Houten balklaag

Toetsing houten balklaag

Schema



De overspanning is:

$$l = 4,60 \text{ m}$$

Afmetingen balken:

Balk =	SEL("NL/Houtxtra";Naam;b>10)	=	71 x 221
Breedte balk b =	TAB("NL/Houtxtra";b;Naam=Balk)	=	71 mm
Hoogte balk h =	TAB("NL/Houtxtra";h;Naam=Balk)	=	221 mm
$I_y$ =	TAB("NL/Houtxtra";Iy;Naam=Balk)	=	$6386 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
W =	TAB("NL/Houtxtra";Wy;Naam=Balk)	=	$578 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
hoh balken s =			600 mm

Houteigenschappen

Sterkteklasse K =	SEL("NL/HoutEC";Naam;)	=	C22
Buigsterkte $f_{m,0,k}$ =	TAB("NL/HoutEC";fm0k;Naam=K)	=	22 N/mm <sup>2</sup>
Schuifsterkte $f_{v,k}$ =	TAB("NL/HoutEC";fvk;Naam=K)	=	3,80 N/mm <sup>2</sup>
E-modulus BGT $E_{0,mean}$ =	TAB("NL/HoutEC";E0mean;Naam=K)	=	10000 N/mm <sup>2</sup>
Klimaatklasse KK =	SEL("NL/HoutextraEC";Klimaatklasse;)	=	1
Belastingduurklasse BK =	SEL("NL/HoutextraEC";Belastingduurklasse;)	=	Lang
Modificatiefactor $k_{mod}$ =	TAB("NL/HoutextraEC";kmod;KK=KK;BK=BK)	=	0,70
Kruipfactor $k_{def}$ =	TAB("NL/HoutextraEC";kdef;KK=KK;)	=	0,60
Hoogtefactor $k_h$ =	IF(h<150;MIN((150/h) <sup>0,2</sup> ;1,3);1,0)	=	1,00

Belastingen

Permanent $p_G$ :	0,50 kN/m <sup>2</sup>
Veranderlijk $p_Q$ :	1,75 kN/m <sup>2</sup>
$\psi_2$ =	0,30
Puntlast $F_Q$ :	1,50 kN

per balk is de belasting:

Permanent $q_G$ :	$p_G \cdot s \cdot 10^{-3}$	=	0,30 kN/m
Veranderlijk $q_Q$ :	$p_Q \cdot s \cdot 10^{-3}$	=	1,05 kN/m
Puntlast $F_{Q,balk}$ :	$\text{MIN}(F_Q; F_Q \cdot \frac{s}{500} \cdot 1,1)$	=	1,50 kN

Krachtwerking

$$M_{y,1,d} = \frac{1}{8} \cdot (1,2 \cdot q_G + 1,5 \cdot q_Q) \cdot l^2 = 5,12 \text{ kNm}$$





$$M_{y,2,d} = \frac{1}{8} * (1,2 * q_G) * l^2 + \frac{1}{4} * (1,5 * F_Q) * l = 3,54 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d} = \text{MAX}(M_{y,1,d}; M_{y,2,d}) = 5,12 \text{ kNm}$$

$$V_{1,d} = \frac{1}{2} * (1,2 * q_G + 1,5 * q_Q) * l = 4,45 \text{ kN}$$

$$V_{2,d} = \frac{1}{2} * (1,2 * q_G) * l + 1,5 * F_{Q,balk} = 3,08 \text{ kN}$$

$$V_d = \text{MAX}(V_{1,d}; V_{2,d}) = 4,45 \text{ kN}$$

Toeting buiging

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d} * 10^6}{W} = 8,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,o,d} = f_{m,o,k} * \frac{k_{mod}}{1,3} * k_h = 22 * \frac{0,70}{1,3} * 1,00 = 11,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,o,d}} = \frac{8,9}{11,8} = 0,75 \leq 1,00$$

Toetsing afschuiving

$$\sigma_{v,d} = \frac{3 * V_d * 10^3}{2 * b * h} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} * \frac{k_{mod}}{1,3} = 2,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,43}{2,05} = 0,21 \leq 1,00$$

Controle doorbuiging

$$l = l * 10^3 = 4600 \text{ mm}$$

$$w_1 = 0,004 * l = 18,4 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,003 * l = 13,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5 * q_G * l^4}{384 * E_{0,mean} * I_y} = 2,7 \text{ mm}$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} * (1 + k_{def}) = 4,3 \text{ mm}$$

$$w_{inst,Q,1} = \frac{5 * q_Q * l^4}{384 * E_{0,mean} * I_y} = 9,6 \text{ mm vervorming tgv verdeelde belasting}$$

$$w_{inst,Q,2} = \frac{1 * F_{Q,balk} * 10^3 * l^3}{48 * E_{0,mean} * I_y} = 4,8 \text{ mm vervorming tgv puntlast}$$

$$w_{inst,Q} = \text{MAX}(w_{inst,Q,1}; w_{inst,Q,2}) = 9,6 \text{ mm}$$

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} * (1 + \psi_2 * k_{def}) = 11,3 \text{ mm}$$

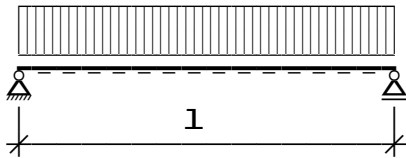
$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q} = 15,6 \text{ mm} < w_1$$

$$w_{fin} - w_{inst,G} = 12,9 \text{ mm} < w_2$$

### Kip

Toetsing van stabiliteit van een ligger op twee steunpunten  
Volgens NEN-EN 1995 1-1 Artikel 6.3.3

Schema



De overspanning is:

$$l = 3300 \text{ mm}$$

Afmetingen balk:

Balk =	SEL("NL/Houtxtra";Naam;b>10)	=	71 x 246
Breedte balk b =	TAB("NL/Houtxtra";b;Naam=Balk)	=	71 mm
Hoogte balk h =	TAB("NL/Houtxtra";h;Naam=Balk)	=	246 mm
$I_y$ =	TAB("NL/Houtxtra";Iy;Naam=Balk)	=	$8808 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
W =	TAB("NL/Houtxtra";Wy;Naam=Balk)	=	$716 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Houteigenschappen

Sterkteklasse K =	SEL("NL/HoutEC";Naam;)	=	C24
Buigsterkte $f_{m,0,k}$ =	TAB("NL/HoutEC";fm0k;Naam=K)	=	24 N/mm <sup>2</sup>
E-modulus UGT $E_{0,0.05}$ =	TAB("NL/HoutEC";E0005;Naam=K)	=	7400 N/mm <sup>2</sup>
Klimaatklasse KK =	SEL("NL/HoutextraEC";Klimaatklasse;)	=	1
Belastingduurklasse BK =	SEL("NL/HoutextraEC";Belastingduurklasse;)	=	Blijvend
Modificatiefactor $k_{mod}$ =	TAB("NL/HoutextraEC";kmod;KK=KK;BK=BK)	=	0,60
Hoogtefactor $k_h$ =	IF(h<150;MIN((150/h) <sup>0,2</sup> ;1,3);1,0)	=	1,00

Belasting

$$M_{y,d} = 5,60 \text{ kNm}$$

Effectieve kiplengte

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l + 2 \cdot h = 3462 \text{ mm}$$

Hulpvariabelen

$$\sigma_{m,crit} = 0,78 \cdot \frac{E_{0,0.05} \cdot b^2}{l_{ef} \cdot h} = 34,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,0,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,84$$

$$k_{crit} = \text{IF}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{IF}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1/(\lambda_{rel,m})^2)) = 0,93$$

Toetsing

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d} \cdot 10^6}{W} = 7,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,o,d} = f_{m,0,k} \cdot \frac{k_{mod}}{1,3} \cdot k_h = 24 \cdot \frac{0,60}{1,3} \cdot 1,00 = 11,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,o,d}} = \frac{7,8}{0,93 \cdot 11,1} = 0,76 \leq 1,00$$



### Knik en buiging

Toetsing van een op druk en buiging belaste kolom

Belastingen

$$\begin{aligned}M_{y,d} &= 5,00 \text{ kNm} \\M_{z,d} &= 0,00 \text{ kNm} \\N_{Ed} &= 12,00 \text{ kN}\end{aligned}$$

De kniklengte is:

$$\begin{aligned}l_{k,y} &= 2600 \text{ mm} \\l_{k,z} &= 1200 \text{ mm}\end{aligned}$$

Afmetingen kolom:

$$\begin{aligned}\text{Balk} &= \text{SEL("NL/Houtxtra";Naam;b>10)} &= & 71 \times 271 \\ \text{Breedte balk } b &= \text{TAB("NL/Houtxtra";b;Naam=Balk)} &= & 71 \text{ mm} \\ \text{Hoogte balk } h &= \text{TAB("NL/Houtxtra";h;Naam=Balk)} &= & 271 \text{ mm} \\ l_y &= \text{TAB("NL/Houtxtra";ly;Naam=Balk)} &= & 11776 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\ l_z &= \text{TAB("NL/Houtxtra";lz;Naam=Balk)} &= & 808 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\ W_y &= \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 &= & 869 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ W_z &= \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 &= & 228 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ A &= b \cdot h &= & 19241 \text{ mm}^2 \\ i_y &= \sqrt{\frac{l_y}{A}} &= & 78,2 \text{ mm} \\ i_z &= \sqrt{\frac{l_z}{A}} &= & 20,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Hout eigenschappen

$$\begin{aligned}\text{Sterkteklasse } K &= \text{SEL("NL/HoutEC";Naam;)} &= & \text{C18} \\ \text{Druksterkte evenwijdig } f_{c,0,k} &= \text{TAB("NL/HoutEC";fc0k;Naam=K)} &= & 18,00 \text{ N/mm}^2 \\ \text{E-modulus UGT } E_{0,0.05} &= \text{TAB("NL/HoutEC";E0005;Naam=K)} &= & 6000 \text{ N/mm}^2 \\ \\ \text{Klimaatklasse } KK &= \text{SEL("NL/HoutextraEC";Klimaatklasse;)} &= & 1 \\ \text{Belastingduurklasse } BK &= \text{SEL("NL/HoutextraEC";Belastingduurklasse;)} &= & \text{Blijvend} \\ \text{Modificatiefactor } k_{mod} &= \text{TAB("NL/HoutextraEC";kmod;KK=KK;BK=BK)} &= & 0,60 \\ \\ \text{Buigsterkte } f_{m,0,k} &= \text{TAB("NL/HoutEC";fm0k;Naam=K)} &= & 18 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Hoogtefactor } k_{h,y} &= \text{IF}(h<150;\text{MIN}((150/h)^{0,2};1,3);1,0) &= & 1,00 \\ \text{Hoogtefactor } k_{h,z} &= \text{IF}(b<150;\text{MIN}((150/b)^{0,2};1,3);1,0) &= & 1,16\end{aligned}$$

Relatieve slankheid

$$\begin{aligned}\lambda_y &= \frac{l_{k,y}}{i_y} &= & 33,2 \\ \lambda_{rel,y} &= \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,0.05}}} &= & 0,58 \\ \\ \lambda_z &= \frac{l_{k,z}}{i_z} &= & 58,5 \\ \lambda_{rel,z} &= \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,0.05}}} &= & 1,02\end{aligned}$$



### Interactiefactoren

$$k_m = 1,0$$

$$\beta_c = 0,20$$

$$k_y = 0,5 * \left( 1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0,70$$

$$k_z = 0,5 * \left( 1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right) = 1,09$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,92$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,68$$

### Spanningen

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{12000}{19241} = 0,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} * \frac{k_{mod}}{1,3} = 18,00 * \frac{0,60}{1,3} = 8,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{5000000}{869000} = 5,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{0,00}{228000} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,0,k} * \frac{k_{mod}}{1,3} * k_{h,y} = 18 * \frac{0,60}{1,3} * 1,00 = 8,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,z,d} = f_{m,0,k} * \frac{k_{mod}}{1,3} * k_{h,z} = 18 * \frac{0,60}{1,3} * 1,16 = 9,6 \text{ N/mm}^2$$

### Toetsingen

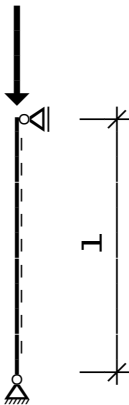
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,62}{0,92 * 8,3} + \frac{5,8}{8,3} + 1,0 * \frac{0,0}{9,6} = 0,78 \leq 1,00$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,62}{0,68 * 8,3} + 1,0 * \frac{5,8}{8,3} + \frac{0,0}{9,6} = 0,81 \leq 1,00$$

### Knik

Toetsing van een centrish op drukbelaste staaf  
Volgens NEN-EN 1995 1-1 Artikel 6.3.2, gezaagd hout

Schema



De lengte van de staaf is:

$$l = 2,60 \text{ m}$$

De kniklengte is:

$$l_k = l * 10^3 = 2600 \text{ mm}$$

Afmetingen balk:

Balk =	SEL("NL/Houtxtra";Naam;b>10)	=	96 x 96
Breedte balk b =	TAB("NL/Houtxtra";b;Naam=Balk)	=	96 mm
Hoogte balk h =	TAB("NL/Houtxtra";h;Naam=Balk)	=	96 mm
$I_z =$	TAB("NL/Houtxtra";Iz;Naam=Balk)	=	$708 * 10^4 \text{ mm}^4$
A =	$b * h$	=	9216 mm <sup>2</sup>
$i_z =$	$\sqrt{\frac{I_z}{A}}$	=	27,7 mm

Hout eigenschappen

Sterkteklasse K =	SEL("NL/HoutEC";Naam;)	=	C18
Druksterkte evenwijdig $f_{c,0,k}$ =	TAB("NL/HoutEC";fc0k;Naam=K)	=	18,00 N/mm <sup>2</sup>
E-modulus UGT $E_{0,0.05}$ =	TAB("NL/HoutEC";E0005;Naam=K)	=	6000 N/mm <sup>2</sup>
Klimaatklasse KK =	SEL("NL/HoutextraEC";Klimaatklasse;)	=	1
Belastingduurklasse BK =	SEL("NL/HoutextraEC";Belastingduurklasse;)	=	Blijvend
Modificatiefactor $k_{mod}$ =	TAB("NL/HoutextraEC";kmod;KK=KK;BK=BK)	=	0,60

Belasting

$$N_{Ed} = 20,7 \text{ kN}$$

De hulpvariabelen zijn:

De staaf is gemaakt van gezaagd hout dus:

$$\beta_c = 0,20$$

$$\lambda_z = \frac{l_k}{i_z} = 94$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,0.05}}} = 1,64$$

$$k_z = 0,5 * \left( 1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right) = 1,98$$



$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,32$$

Toetsing

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed} * 10^3}{A} = \frac{20,7 * 10^3}{9216} = 2,25 \text{ N/mm}^2$$

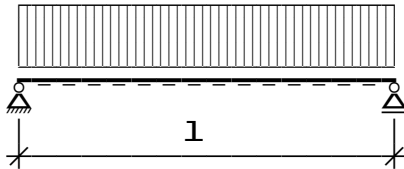
$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} * \frac{k_{mod}}{1,3} = 18,00 * \frac{0,60}{1,3} = 8,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \frac{2,25}{0,32 * 8,3} = 0,85 \leq 1,00$$

### Ligger

Toetsing ligger op twee steunpunten

Schema



De overspanning is:

$$l = 3,30 \text{ m}$$

Afmetingen balk:

Balk =	SEL("NL/Houtxtra";Naam;b>10)	=	71 x 246
Breedte balk b =	TAB("NL/Houtxtra";b;Naam=Balk)	=	71 mm
Hoogte balk h =	TAB("NL/Houtxtra";h;Naam=Balk)	=	246 mm
$I_y$ =	TAB("NL/Houtxtra";Iy;Naam=Balk)	=	$8808 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
W =	TAB("NL/Houtxtra";Wy;Naam=Balk)	=	$716 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Houteigenschappen

Sterkteklasse K =	SEL("NL/HoutEC";Naam;)	=	C24
Buigsterkte $f_{m,0,k}$ =	TAB("NL/HoutEC";fm0k;Naam=K)	=	24 N/mm <sup>2</sup>
Schuifsterkte $f_{v,k}$ =	TAB("NL/HoutEC";fvk;Naam=K)	=	4,00 N/mm <sup>2</sup>
E-modulus BGT $E_{0,mean}$ =	TAB("NL/HoutEC";E0mean;Naam=K)	=	11000 N/mm <sup>2</sup>
Klimaatklasse KK =	SEL("NL/HoutextraEC";Klimaatklasse;)	=	1
Belastingduurklasse BK =	SEL("NL/HoutextraEC";Belastingduurklasse;)	=	Blijvend
Modificatiefactor $k_{mod}$ =	TAB("NL/HoutextraEC";kmod;KK=KK;BK=BK)	=	0,60
Kruipfactor $k_{def}$ =	TAB("NL/HoutextraEC";kdef;KK=KK;)	=	0,60
Hoogtefactor $k_h$ =	IF(h<150;MIN((150/h) <sup>0,2</sup> ;1,3);1,0)	=	1,00

Belastingen

Permanent $q_G$ :	2,80 kN/m
Veranderlijk $q_Q$ :	1,60 kN/m
$\psi_2$ =	0,30

Krachtwerking

$$M_{y,Ed} = \frac{1}{8} \cdot (1,2 \cdot q_G + 1,5 \cdot q_Q) \cdot l^2 = 7,84 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (1,2 \cdot q_G + 1,5 \cdot q_Q) \cdot l = 9,50 \text{ kN}$$

Toeting buiging

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,Ed} \cdot 10^6}{W} = 10,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,o,d} = f_{m,0,k} \cdot \frac{k_{mod}}{1,3} \cdot k_h = 24 \cdot \frac{0,60}{1,3} \cdot 1,00 = 11,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,o,d}} = \frac{10,9}{11,1} = 0,98 \leq 1,00$$



### Toetsing afschuiving

$$\sigma_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed} \cdot 10^3}{b \cdot h} = 0,82 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{1,3} = 1,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,82}{1,85} = 0,44 \leq 1,00$$

### Controle doorbuiging

$$l = l \cdot 10^3 = 3300 \text{ mm}$$

$$w_1 = 0,004 \cdot l = 13,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,003 \cdot l = 9,9 \text{ mm}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_G \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 4,5 \text{ mm}$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 7,2 \text{ mm}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_Q \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 2,6 \text{ mm}$$

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) = 3,1 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q} = 10,3 \text{ mm} < w_1$$

$$w_{fin} - w_{inst,G} = 5,8 \text{ mm} < w_2$$