

## stalen ligger op 2 steunpunten met trapeziumbelasting

## 1xprofiel 1: HE160A

werk **werknummer** **onderdeel** materiaal **S235**  
 klasse **3** flensdikte **<40**

**kerngegevens**  
 ontwerplevensduur = 50 jaar  
 toegepaste norm = eurocode nieuwbouw  
 toepassing = 6.10.a gebouwen en andere gewone constructies  
 ontwerplevensduur klasse = 3 6.10.b 6.1 partiële factoren  
 gevolgklasse CC 1  $\gamma_{G_i} = 1,22$   $\xi \gamma_{G_i} = 1,08$   $\gamma_{M0} = 1,00$  -  
 correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$   $\gamma_{Q_1} = 1,35$   $\gamma_{Q_2} = 1,35$   $\gamma_{M1} = 1,00$  -  
 de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage  $\gamma_{Q_1} = 1,35$   $\gamma_{Q_2} = 1,35$   $\gamma_{M2} = 1,25$  -

**diverse factoren**  
 eigen gewicht ligger automatisch berekenen **ja**  
 traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting  
 gebouwcategorie **A: woon- en verblijfsruimtes**  
 belasting profiel 1: sterke as  
 (gewichtsberekening)  $\psi_0 = 0,4$  -  $\Sigma I = 1673$  cm<sup>4</sup>  $\Sigma g = 0,30$  kN/m'  
 (elastische doorbuiging)  $\psi_1 = 0,5$  -  $\Sigma W_{pl} = 245$  cm<sup>3</sup>  $\Sigma A = 38,8$  cm<sup>2</sup>  
 (kruip)  $\psi_2 = 0,3$  -  $\Sigma W_{el} = 220$  cm<sup>3</sup> E = 210000 N/mm<sup>2</sup>  
 reductiefactor vloerbelasting  $\psi_T = 1,00$  -

liggerlengte L = 5,02 m  
 toelaatbare einddoorbuiging 1: 250 \* L  
 toelaatbare bijkomende doorbuiging 1: 333 \* L  
 toegepaste zeeg 0 mm



### belastingen en combinaties onderdeel

#### q1: (links)

permanente belasting	$G_{k_j} = 3$ kN/m	$G_{k_j}$ : (incl.e.g.)	3	+	0,30	=	3,30	kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 1,5$ kN/m	STRIGO $\gamma_{G_j}$	$G_{k_j}$	+	$\gamma_Q$	$\Sigma Q_{mom}$		
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 0,75$ kN/m	6.10.a: 1,22	3,30	+	1,35	0,75	=	5,03 kN/m'
		STRIGO $\xi \gamma_{G_j}$	$G_{k_j}$	+	$\gamma_Q$	$\Sigma Q_{extr+mom}$		
		6.10.b: 1,08	3,30	+	1,35	1,50	=	5,60 kN/m'
		EQU 1,10	$G_{k_j}$	+	1,50	$\Sigma Q_{extr+mom}$		
		6.10: 1,10	3,30	+	1,50	1,50	=	5,89 kN/m'
		EQU en STRIGO	$0,9 G_{k_j}$	=	0,9	3,30	=	2,97 kN/m'

#### q2: (rechts)

permanente belasting	$G_{k_j} = 5$ kN/m	$G_{k_j}$ : (incl.e.g.)	5	+	0,30	=	5,30	kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 1,5$ kN/m	STRIGO $\gamma_{G_j}$	$G_{k_j}$	+	$\gamma_Q$	$\Sigma Q_{mom}$		
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 0,75$ kN/m	6.10.a: 1,22	5,30	+	1,35	0,75	=	7,46 kN/m'
		STRIGO $\xi \gamma_{G_j}$	$G_{k_j}$	+	$\gamma_Q$	$\Sigma Q_{extr+mom}$		
		6.10.b: 1,08	5,30	+	1,35	1,50	=	7,76 kN/m'
		EQU 1,10	$G_{k_j}$	+	1,50	$\Sigma Q_{extr+mom}$		
		6.10: 1,10	5,30	+	1,50	1,50	=	8,09 kN/m'
		EQU en STRIGO	$0,9 G_{k_j}$	=	0,9	5,30	=	4,77 kN/m'

unity-checks **er worden geen verstijvingsschotjes toegepast** **zie ook de invoercellen verderop in deze berekening**

ULS	buiging	0,41	dwarskracht	0,10	onderflensinklemming	0,23	kip	0,53	SLS	$u_{eind}$	0,68	$u_{bij}$	0,23
-----	---------	------	-------------	------	----------------------	------	-----	------	-----	------------	------	-----------	------

### resultaten mechanische berekeningen werk



belastinggeval / combinatie	belastingen		dwarskracht (kN)		reactie (kN)	
	q1	q2	$V_{1,2}$	$V_{2,1}$	$R_1$	$R_2$
$G_{k_j}$	3,30	5,30	-9,97	11,64	9,97	11,64
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	1,50	1,50	-3,77	3,77	3,77	3,77
ULS(1) 6.10.a	5,03	7,46	-14,65	16,69	14,65	16,69
ULS(2) 6.10.b	5,60	7,76	-15,86	17,67	15,86	17,67
<b>maatgevende waarden</b>			$V_{Ed} = 17,67$	kN	$R_{Ed} = 17,67$	kN



belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)		veldmoment (kNm)	positie $M_{veld,max}$ (m)	vervorming (mm)
	$M_1$	$M_2$	$M_{1,2}$	uit $R_1$	$u_{1,2}$
$G_{k,j}$	0,0	0,0	13,58	2,61	10,1
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	0,0	0,0	4,73	2,51	3,5
ULS(1) 6.10.a	0,0	0,0	19,69	2,59	
ULS(2) 6.10.b	0,0	0,0	21,06	2,58	
<b>maatgevende waarden</b>	$M_{Ed,st} = $ <input type="text" value="0,0"/> kNm		$M_{Ed,v} = $ <input type="text" value="21,1"/> kNm		

**toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand** onderdeel

belastinggevallen en combinaties	=	<input type="text" value="vervorming"/>
veld	=	$u_{1,2}$
$u_{on}$	=	$G_{k,j}$ = 10,13
$u_{elastisch}$	=	$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ = 3,5
$u_{zeeg}$	=	volgens opgave = 0,0
$u_{eind}$	=	$u_{on} + u_{elastisch} + u_{zeeg}$ = 13,7
$u_{eind,toe}$	=	$u_{eind,toelaatbaar}$ = 20,1
u.c.	=	$u_{eind} / u_{eind,toelaatbaar}$ = <input type="text" value="0,68"/>
$u_{bij}$	=	$u_{elastisch}$ = 3,5
$u_{bij,toe}$	=	$u_{bij,toelaatbaar}$ = 15,1
u.c.	=	$u_{bij} / u_{bij,toelaatbaar}$ = <input type="text" value="0,23"/>

**toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting)** onderdeel

buiging, art 6.2.5	$M_{Ed}$	=	21,1	6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{21,1}{51,7}$	=	<input type="text" value="0,41"/>	-
dwarskracht, art. 6.2.6	$V_{Ed}$	=	17,7	6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{17,7}{179,6}$	=	<input type="text" value="0,10"/>	-
onderflensinklemming, art. 6.3.1	$R_1$	=	15,9	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{15,9}{78,0}$	=	<input type="text" value="0,20"/>	-
	$R_2$	=	17,7	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{17,7}{78,0}$	=	<input type="text" value="0,23"/>	-
kip, art. 6.3.2	$M_{Ed}$	=	21,1	6.54	$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{21,1}{40,0}$	=	<input type="text" value="0,53"/>	-
opleglengte, art. 6.9 EC steen	$I_{opleg}$	=	$N_{Ed}$		$/ ( \beta \quad b \quad f_b )$					
	$R_1$	$I_{opleg}$	=	$15,9 \cdot 10^3$	$/ ( 1,34 \quad 160 \quad 3,89 )$				=	19 mm
	$R_2$	$I_{opleg}$	=	$17,7 \cdot 10^3$	$/ ( 1,34 \quad 160 \quad 3,89 )$				=	21 mm

**art. 6.2.5 buigend moment, enkele buiging, rekenen met gecombineerde profielgegevens** onderdeel

rekenwaarde moment	$M_{Ed}$	=	21,1 kNm	profiel	=	HE160A	A	=	38,8 cm <sup>2</sup>	
reductie flensdoorsnede (boutgater)	$A_{f,red}$	=	<input type="text" value="0,0"/> cm <sup>2</sup>	kwaliteit	=	S235	$\gamma_{M0}$	=	1,00 -	
				$f_y$	=	235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M2}$	=	1,25 -	
				$f_u$	=	360 N/mm <sup>2</sup>	$W_{pl}$	=	245,1 cm <sup>3</sup>	
				b	=	160 mm	$W_{el,min}$	=	220,1 cm <sup>3</sup>	
				$t_f$	=	9 mm	$W_{ef,min}$	=	220,1 cm <sup>3</sup>	
6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{21,057}{51,7}$	$A_{f,net}$	=	14,4	-	0,0	=	14,4 cm <sup>2</sup>
			<input type="text" value="0,41"/>							

(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2

$$6.13 \quad M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 57,6 \text{ kNm}$$

voor doorsnedeklasse 3

$$6.14 \quad M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 51,7 \text{ kNm}$$

voor doorsnedeklasse 4

$$6.15 \quad M_{c,Rd} = M_{ef,Rd} = \frac{W_{ef,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 51,7 \text{ kNm}$$

6.16 (4) gaten voor verbindingsmiddelen mogen worden verwaarloosd als:

$$\frac{A_{f,net}}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3} = \frac{14,4 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 3,7 \text{ kN}$$

$$\frac{A_f \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{14,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 3,4 \text{ kN}$$



**art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving) onderdeel**

rekenwaarde moment	$V_{Ed} = 17,7$ kN	profiel	= HE160A	A	= 38,8	cm <sup>2</sup>
profiel	gewalste I en H profielen	kwaliteit	= S235	$\gamma_{M0}$	= 1,00	-
factor in formules gelast profiel	$\eta = 1$	$f_y$	= 235	N/mm <sup>2</sup>	$I_y$	= 1673
dikte in beschouwde punt	t = 6 mm	b	= 160	mm	$t_f$	= 9
		h	= 152	mm	$t_w$	= 6
		$S_y$	= 123	cm <sup>3</sup>	$I_t$	= 12,2
		$h_w$	= 152	-	9	2 = 134
6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} <= 1,0 = \frac{17,7}{179,6} = 0,10$	reken met hoogte van het lijf		$h_w$	= 134	mm
		afroningstraal in profiel		r	= 15	mm

6.18  $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{1324 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} / \sqrt{3} = 179,6$  kN

(4) Om de rekenwaarde van de elastische weerstand tegen dwarskracht  $V_{c,Rd}$  te toetsen mag, voor een kritiek punt van de doorsnede, het volgende criterium zijn gebruikt tenzij het toetsen op plooiën volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 van toepassing is:

6.19  $\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{22,0}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,05$

algemeen geldt:

6.20  $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S}{I_y \cdot t} = \frac{17,7 \cdot 123 \cdot 10^2}{1673 \cdot 6} = 22$  N/mm<sup>2</sup>

(5) Voor I- of H-profielen mag de schuifspanning in het lijf als volgt zijn bepaald:

6.21  $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w >= 0,6 = \frac{17,7 \cdot 10^3}{804} = 22$  N/mm<sup>2</sup>

$A_f = b \cdot t_f = 160 \cdot 9 = 14,4 \cdot 10^2$  cm<sup>2</sup>  
 $A_w = h_w \cdot t_w = 134 \cdot 6 = 8,0 \cdot 10^2$  cm<sup>2</sup>  
 $A_f / A_w = 14,4 / 8,0 = 1,8$

waarde voor  $\tau_{Ed}$  waarmee mag worden gerekend voor I en H-profielen = 22 N/mm<sup>2</sup>

6.22 (6) Bovendien behoort, voor lijven zonder dwarsverstijvers, de weerstand tegen plooiën door afschuiving volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 te zijn bepaald indien

$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\epsilon}{\eta}$  dus  $\frac{134}{6} > 72 \frac{1,00}{1,00}$  eis 22,3 > 72,0

**conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend**

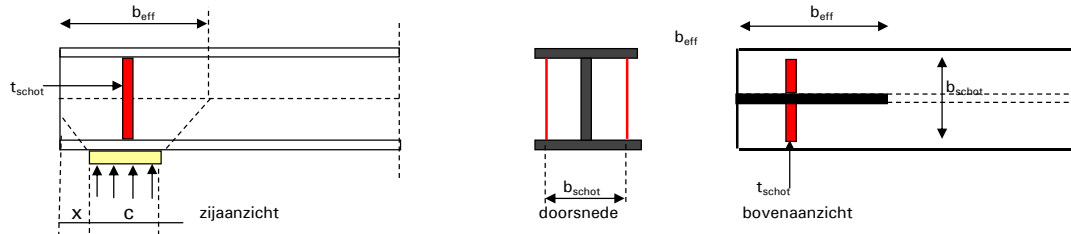
met  $\epsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = \sqrt{(235 / 235)} = 1,00$

(3) a	gewalste I en H profielen	$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r)$	$t_f$	
		$A_v = 3880 - 2 \cdot 160 \cdot 9 + (6 + 2 \cdot 15)$	9	= 1324
(3) b	gewalste U en C profielen	$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r)$	$t_f$	
		$A_v = 3880 - 2 \cdot 160 \cdot 9 + (6 + 15)$	9	= 1189
(3) c	gewalste T profielen	$A_v = 0,9 \cdot (A - b \cdot t_f)$		
		$A_v = 0,9 \cdot (3880 - 160 \cdot 9)$		= 2196
(3) d	gelast I,H, buis, // lijf	$A_v = \eta \cdot \Sigma (h_w \cdot t_w)$		
		$A_v = 1 \cdot (134 \cdot 6)$		= 804
(3) e	gelast I,H, buis, // flens	$A_v = A - \Sigma (h_w \cdot t_w)$		
		$A_v = 3880 - \Sigma (134 \cdot 6)$		= 3076
(3) f1	gewalste rh buis // hoogte	$A_v = A \cdot h / (b + h)$		
		$A_v = 3880 \cdot 152 / (160 + 152)$		= 1890,3
(3) f2	gewalste rh buis // breedte	$A_v = A \cdot b / (b + h)$		
		$A_v = 3880 \cdot 160 / (160 + 152)$		= 1989,7
(3) g	ronde buisprofielen	$A_v = 2 \cdot A / \pi$		
		$A_v = 2 \cdot 3880 / \pi$		= 2470,1

**art. 6.3.1 onderflensinklemming (gaffeloplegging)** onderdeel

rekenwaarde oplegreactie	$N_{Ed}$	=	17,7	kN	profiel	=	HE160A	E	=	210000	N/mm <sup>2</sup>
extra normaalkracht in oplegging	$N_{extra}$	=	0	kN	kwaliiteit	=	S235				
oplegplengte	c	=	200	mm	$f_y$	=	235	N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M1}$	=	1,00
totale dikte schotjes	$t_{schot}$	=	0	mm	y-richting	=			z-richting	=	
totale breedte schotjes (incl. lijf)	$b_{schot}$	=	0,0	mm	h	=	152	mm	b	=	160
zijkant oplegging c tot eind ligger	x	=	120,0	mm	kromme	=	c		$t_w$	=	6

er worden geen verstijvingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$b_{eff} = 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(152,0^2 + 200,0^2)} + 120,0 + 200 / 2 = 345,6 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(152^2 + 200^2)} = 251,2 \text{ mm}$$

$$\text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} = 2 \cdot 152 = 304,0 \text{ mm}$$

$$\text{doorsnede } A = b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 251,2 \cdot 6 + (0,0 - 6) \cdot 0 = 15,07 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$I = 1/12 (t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) t_w^3) = 1/12 (0 \cdot 0,0^3 + (251,2 - 0) \cdot 6^3) = 0,4522 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{traagheidsstraal } i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(0,4522 \cdot 10^4 / 15 \cdot 10^2)} = 1,7 \text{ mm}$$

**y-richting**

6.46  $\frac{N_{Ed} + N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{17,7 + 0,0}{78,0} = 0,23$

6.47-6.48  $N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 0,220 \cdot 15,1 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 78,0 \text{ kN}$

6.49  $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{2,655 + \sqrt{(2,655^2 - 1,869^2)}} = 0,220$

$\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \Phi = 0,5 [1 + 0,49 (1,869 - 0,2) + 1,869^2] = 2,655$

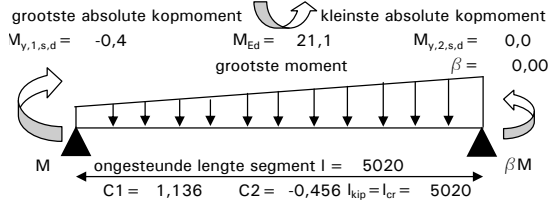
6.50  $\lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 304 / 1,7 = 175,5$   
 $\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(210000 / 235)} = 93,9$   
 $\lambda_y = \lambda_y / \lambda_1 = 175,5 / 93,9 = 1,869$

gemiddelde oplegspanning =  $17,7 \cdot 10^3 / (160 \cdot 200) = 0,5522 \text{ N/mm}^2$



**art. 6.3.2 prismatische op buiging belaste staven (kip) Kipcontrole gebeurt altijd met alleen profiel 1**

**schema van het te controleren liggersegment tussen gaffels of kipsteunen**



reductie weerstandsmoment	$W_{red} =$	0,0	cm <sup>3</sup>
reductie doorsnede	$A_{red} =$	0,0	cm <sup>2</sup>
profiel	= HE160A	E	= 210000 N/mm <sup>2</sup>
kwaliteit	= S235	A	= 38,8 cm <sup>2</sup>
$f_y$	= 235 N/mm <sup>2</sup>	G	= 80769 N/mm <sup>2</sup>
h	= 152 mm	$\gamma_{M1}$	= 1,00 -
$t_f$	= 9 mm	b	= 160 mm
$I_y$	= 1673 cm <sup>4</sup>	$t_w$	= 6 mm
$i_y$	= 65,7 mm	$I_z$	= 616 cm <sup>4</sup>
$W_{y,el}$	= 220,1 cm <sup>3</sup>	$i_z$	= 39,8 mm
$W_{y,pl}$	= 245,1 cm <sup>3</sup>	$I_t$	= 12,2 cm <sup>4</sup>
$W_{y,eff}$	= 220,1 cm <sup>3</sup>	h/b	= 0,95 -
plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen			
$C_{kip,links}$	= 0,00	*	5020 = 0 mm
$C_{kip,rechts}$	= 1,00	*	5020 = 5020 mm
l	= 5020	-	0 = 5020 mm

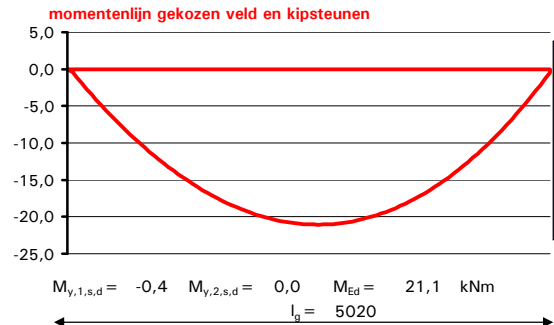
**invoergegevens tbc kipcontrole**

basisgeval uit NEN 6771	tabel 10, q-last en kopmomenten
momentenverloop	parabool scharnierend
soort profiel	gewalste I- en H-profielen
aangrijpingspunt belasting	zwaartepunt bovenflens
wijze zijdelingse steunen	tussen 2 gaffels

**aanvullende invoer via een liggerberekeningen:**

invoer van de kipsteunen	door gelijkmatige verdeling
te controleren veld	veld 1
grenstoestand	UGT2 vol - 6.10.b

aantal kipsteunen	n =	0
te controleren liggerdeel (tussen de kipsteunen)		1



kipcontrole algemeen: 0,53 kipcontrole gewalst profiel 0,50 "tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica berekening

**NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte**

tussen twee gaffels  $l_{kip} = l_{st} = 5020$  mm  
 tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen  
 $l_{kip} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$  echter  $1,0 \leq l_{kip} / l_{st} \leq 1,4$   
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 0,00) = 1,40$

**deze factor is niet van toepassing, zodat f2=1,00**

**Er wordt gerekend met de volgende gegevens:**

lengte ligger tussen de gaffels	$l_g =$	5020	mm
ongesteunde horizontale lengte	l =	5020	mm
rekenwaarde buigend moment	$M_{Ed} =$	21,1	kNm
kopmoment met grootste absolute waarde	$M_{y,1,s,d} =$	-0,4	kNm
kopmoment met kleinste absolute waarde	$M_{y,2,s,d} =$	0,0	kNm

$l_{st} = f_1 l =$	1,00	5020	= 5020	mm
$l_{kip} = l_{cr} = f_2 l_{st} =$	1,00	5020	= 5020	mm
reken met een ongesteunde lengte	$l_{kip} = l_{cr} =$	5020	mm	
afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt	=	0,00	m	
afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt	=	5,02	m	

invloedsfactor uit tabel C1	$C_1 =$	1,136
invloedsfactor uit tabel C2=	-1	0,456
verhouding $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d}$	=	0,00
tabel 10, q-last en kopmomenten	$B^* =$	-0,02

**toetsing kip art. 6.3.2.2 kipprommen - Algemeen**

6.54  $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{21,1}{40,0} = 0,53$

**let op: de waarden voor C1 en C2 moet uit de tabellen 9 t/m 13 worden gehaald**  
 gebruik bij formule 6.56 kromme a

6.55  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1}$   $M_{b,Rd} = 0,773 \cdot 220,1 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 40,0$  kNm

6.56  $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0$   $\chi_{LT} = \frac{1}{0,919 + \sqrt{(0,919)^2 - 0,839^2}} = 0,773$   
 maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 0,773$

$\Phi_{LT} = 0,5 [ 1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2 ]$   $\Phi_{LT} = 0,5 [ 1 + 0,21 (0,839 - 0,2) + 0,839^2 ] = 0,919$

$\lambda_{LT} = \sqrt{W_y \cdot f_y / M_{cr}}$   $\lambda_{LT} = \sqrt{220,1 \cdot 235 \cdot 10^3 / 74} = 0,839$

12.2.7  $M_{cr} = M_{ke} = k_{red} C / l_g \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t} = 1,00 \cdot \frac{3}{5020} \cdot \sqrt{(210000 \cdot 616 \cdot 80769 \cdot 12,2 \cdot 10^8)} = 74$  kNm  
 NEN 6771

b) dubbel-symmetrische profielen :  $h / t_f \leq 75 = 152 / 9 = 16,9$  -

c) dubbel-symmetrische profielen :  $\alpha = \frac{h \cdot t_f \cdot 10^{12} / t_w^3 \cdot b \cdot l_g^2}{6^3} \leq 575 = \frac{152 \cdot 9 \cdot 10^{12}}{160 \cdot 5020^2} = 1571$  -  
**aan deze eis wordt voldaan**

$k_{red} =$  als  $h / t_w > 75$ :  $k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 1571 + 1,03 = 0,945$   
**aan deze eis wordt niet voldaan**



$$h / t_w = 152 / 6 = 25,333 \quad \alpha = 1571 \text{ eis} < 5000 \quad \text{conclusie:} \quad k_{red} = 1,00 \quad -$$

toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

$$12.2.5.3 \quad C = \pi \frac{C_1 I_g}{I_{kip}} \left[ \sqrt{1 + \frac{\pi^2 S^2}{I_{kip}^2}} (C_2^2 + 1) + \pi \frac{C_2 S}{I_{kip}} \right]$$

NEN 6771

$$C = \pi \frac{1,136 \cdot 5020}{5020} \left[ \sqrt{1 + \frac{9,870 \cdot 870,9^2}{5020^2}} (-0,456^2 + 1) + \pi \frac{-0,456 \cdot 870,9}{5020} \right] = 3,3 \quad -$$

$$12.2.11.b \quad S = \frac{h}{2} \sqrt{\left( \frac{E_d}{G_d} \frac{I_z}{I_t} \right)} = \frac{152}{2} \sqrt{\left( \frac{210000}{80769} \frac{615,6}{12,2} \right)} = 870,9 \quad -$$

benadering geldt alleen voor I-profielen

**toetsing kip art. 6.3.2.3 kipprommen voor gewalste profielen of equivalente gelaste profielen**

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{21,059}{42,4} = 0,50 \quad - \quad \text{gebruik bij formule 6.57 kromme b}$$

$$6.55 \quad M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 0,820 \cdot 220,1 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 42,4 \quad \text{kNm}$$

$$M_{cr} = 74 \quad \lambda_{LT} = 0,84 \quad \text{als bij berekening 6.3.2.2 kipprommen algemeen}$$

$$6.57 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,838 + \sqrt{(0,838^2 - 0,75 \cdot 0,839^2)}} = 0,796 \quad -$$

$$\chi_{LT} \leq 1 / \lambda_{LT}^2 = 1 / 0,84^2 = 1,4 \quad - \quad \text{maatgevende waarde} \quad \chi_{LT} = 0,796 \quad -$$

$$6.58 \quad \chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0,796 / 0,97 = 0,820 \quad - \quad \text{reken met } \chi_{LT,mod} = 0,820 \quad -$$

$$f = 1 - 0,5(1 - k_c) [1 - 2,0(\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0 \quad f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(0,839 - 0,8)^2] = 0,970 \quad -$$

$$\text{kip} \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,84 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,84^2] = 0,838 \quad -$$

opmerking