

**stalen A-spant met horizontale rol bij steunpunt 2**

**spantbenen: HE200A  
 horizontale regel: HE140A**

werk  
 werknummer  
 onderdeel

**werk  
 werknummer  
 onderdeel**

materiaal **S235**  
 klasse **3** flensdikte **<40**

**kerngegevens**

toegepaste norm  
 ontwerp levensduur klasse  
 gevolgklasse  
 correctiefactor voor formule 6.10.b  
**de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage**

eurocode nieuwbouw	ontwerplevensduur	=	50	jaar
= <b>3</b>	toepassing	6.10.a	6.10.b	6.1 partiële factoren
CC <b>1</b>	$\gamma_{Gj}$ =	1,22	$\xi \gamma_{Gj}$ =	1,08
$\xi$ = <b>0,89</b>	$\gamma_{Q1}$ =	1,35	$\gamma_{Q1}$ =	1,35
	$\gamma_{Q2}$ =	1,35	$\gamma_{Q2}$ =	1,35
			$\gamma_{M0}$ =	1,00 -
			$\gamma_{M1}$ =	1,00 -
			$\gamma_{M2}$ =	1,25 -

gebouwcategorie

**A: woon- en verblijfsruimtes**

spantbenen	sterke as	horizontale regel	sterke as
------------	-----------	-------------------	-----------

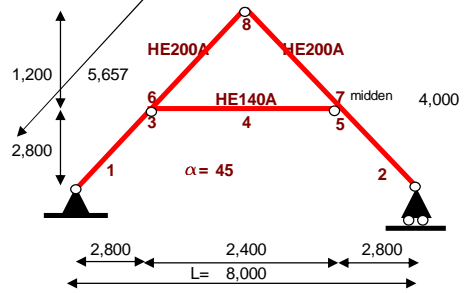
(gewichtsberekening)  
 (elastische doorbuiging)  
 (kruip)  
 reductiefactor vloerbelasting

$\psi_0$  = 0,4 -  
 $\psi_1$  = 0,5 -  
 $\psi_2$  = 0,3 -  
 $\psi_f$  = 1,00 -

traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting					
$\Sigma I$	=	3692 cm <sup>4</sup>	$\Sigma I$	=	1033 cm <sup>4</sup>
$\Sigma W_{pl}$	=	430 cm <sup>3</sup>	$\Sigma W_{pl}$	=	174 cm <sup>3</sup>
$\Sigma W_{el}$	=	389 cm <sup>3</sup>	$\Sigma W_{el}$	=	155 cm <sup>3</sup>
$\Sigma g$	=	0,42 kN/m'	$\Sigma g$	=	0,25 kN/m'
$\Sigma A$	=	53,8 cm <sup>2</sup>	$\Sigma A$	=	31,4 cm <sup>2</sup>
E	=	210000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{y,d}$	=	235 N/mm <sup>2</sup>

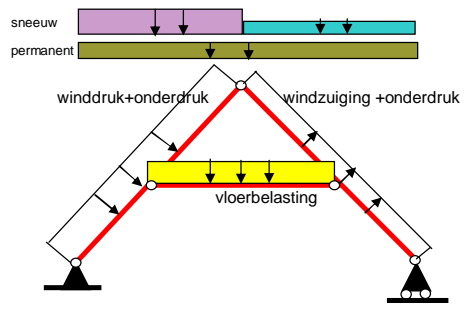
**geometrie**  
 dakvorm  
 dakhelling  
 overspanning  
 hoogte regel tov steunpunt 1 en 2  
 hart op hart van de portalen

zadeldak  
 $\alpha$  = **45** graden  
 L = **8** m  
 $h_{onder}$  = **2,8** m  
 a = **4** m



**permanente belasting**  
 eigen gewicht profielen automatisch berekenen  
 eigen gewicht dak  
 eigen gewicht vloer  
**veranderlijke vloerbelasting**  
 veranderlijke belasting vloer  
**sneeuwbelasting**  
 kan de sneeuw onbelemmerd afglijden  
**windbelasting**  
 windgebied  
 soort terrein  
 werkelijke hoogte boven terrein  
 totale gebouwbreedte (loodrecht op windrichting)  
 totale gebouwhoogte  
 totale gebouwdiepte  
 vormfactor onderdruk in gebouw

$G_{dak}$  = **0,7** kN/m<sup>2</sup>  
 $G_{vloer}$  = **0,5** kN/m<sup>2</sup>  
 $Q_{vloer}$  = **1,75** kN/m<sup>2</sup>  
 = **III** -  
**onbebouwd** **II** -  
 z = **8** m  
 br = **10** m  
 ho = **4** m  
 d = **6** m  
 $C_{pi}$  = **-0,3** -



**vervormingen**  
 toelaatbare einddoorbuiging spantbeen  
 toelaatbare einddoorbuiging regel  
 bijkomende doorbuiging spantbeen  
 bijkomende doorbuiging regel  
 toe te passen zeeg in spantbeen  
 toe te passen zeeg in horizontale regel  
 toelaatbare horizontale verplaatsing knoop 2

1: **250** x L<sub>schuin</sub>  
 1: **300** x L<sub>regel</sub>  
 1: **350** x L<sub>schuin</sub>  
 1: **400** x L<sub>regel</sub>  
 = **0** mm  
 = **0** mm  
 = **90** mm

maximaal optredende verplaatsing van knoop 2 is **85** mm

**berekening karakteristieke belastingen voor schuine daken in kN/m<sup>2</sup>**

windbelasting loodrecht op dakvlak $w_e+w_i = (C_{pe} + C_{pi}) * q_{p(z)}$	=	(	0,63	+	0,30	)	0,49	=	<b>0,46</b>	kN/m <sup>2</sup>
sneeuwbelasting in grondvlak $s_n = \mu_{s1} * C_{e0} * C_{s1} * s_k * f$	=	0,40	1,00	1,00	0,80	1,00	=	<b>0,32</b>	kN/m <sup>2</sup>	
personenbelasting grondvlak $p_{rep} = (4,0 - 0,2 \alpha)$ met $15 < \alpha < 20$	=	(	4,00	-	0,20	20,0)	=	0,00	kN/m <sup>2</sup>	

**unity-checks**

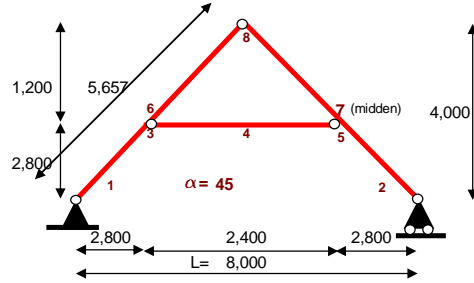
ULS	spant	0,77	regel	0,29	SLS	knoop 6	$u_{eind}$	0,92	$u_{bij}$	0,40	knoop 4	$u_{eind}$	0,22	$u_{bij}$	0,23
-----	-------	------	-------	------	-----	---------	------------	------	-----------	------	---------	------------	------	-----------	------

spantbenen en regel nog gecontroleren op torsieknikstabiliteit van de maatgevende combinatie van moment en normaalkracht  
 dit valt buiten het bereik van deze file maar kan worden gedaan met **S6\_3\_3 prismatische op buiging en normaalkracht belaste staven**

**mechanicaberekening A-spant met horizontale rol** onderdeel

overspanning  
 dakhelling  
 hoogte regel tov steunpunt 1 en 2  
 te dragen m' dakvlak  
 eigen gewicht dak  
 eigen gewicht vloer  
 veranderlijke belasting vloer  
 momentaanfactor vloerbelasting  
 toelaatbare einddoorbuiging spantbeen  
 toelaatbare einddoorbuiging regel  
 bijkomende doorbuiging spantbeen  
 bijkomende doorbuiging regel  
 belastingfactoren formule 6.10.a  
 belastingfactoren formule 6.10.b  
 belastingfactoren formule 6.10.a en 6.10.b

L= 8 m  
 $\alpha = 45$  graden  
 $h_{\text{onder}} = 2,800$  m  
 a= 4,000 m  
 $G_{\text{dak}} = 0,7$  kN/m<sup>2</sup>  
 $G_{\text{vloer}} = 0,5$  kN/m<sup>2</sup>  
 $Q_{\text{vloer}} = 1,75$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\psi_{(i)} = 0,4$  -  
 1: 250 x L<sub>schuin</sub>  
 1: 300 x L<sub>regel</sub>  
 1: 350 x L<sub>schuin</sub>  
 1: 400 x L<sub>regel</sub>  
 $\gamma_{G,F} = 1,22$  -  
 $\xi \gamma_{G,F} = 1,08$  -  
 $\gamma_{Q,F} = 1,35$  -



elasticiteitsmodulus  $E_d$  210000 N/mm<sup>2</sup>  
 spantbeen  $W_y$  430 cm<sup>3</sup>  $I_y$  3692 cm<sup>4</sup>  
 horizont.regel  $W_y$  174 cm<sup>3</sup>  $I_y$  1033 cm<sup>4</sup>

sneeuwfactor  $\mu_{t1}$  links = 0,40 -  
 sneeuwfactor 0.5/ $\mu_{t1}$  rechts = 0,20 -  
 $q_{p(z)}$  stuwdruk wind = 0,49 kN/m<sup>2</sup>  
 $C_{pe}$  op linker dak = 0,63 -  
 $C_{pe}$  op rechter dak = -0,30 -  
 $C_{pi}$  onder / overdruk = -0,30 -  
 factor sneeuw referentieperiode  $f = 1,00$  -

**belastingen per m<sup>2</sup>**

sneeuw links  $s_n = m_1 \cdot C_{e1} \cdot C_{t1} \cdot s_k \cdot f = 0,40 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,28$  kN/m<sup>2</sup>  
 sneeuw rechts  $s_n = 0,5 m_1 \cdot C_{e1} \cdot C_{t1} \cdot s_k \cdot f = 0,5 \cdot 0,40 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,14$  kN/m<sup>2</sup>  
 wind links  $w_e + w_i = (C_{pe} + C_{pi}) \cdot q_{p(z)} = (0,63 + (-0,30)) \cdot 0,49 = 0,16$  kN/m<sup>2</sup>  
 wind rechts  $w_e + w_i = (C_{pe} + C_{pi}) \cdot q_{p(z)} = (-0,30 + 0,30) \cdot 0,49 = 0,00$  kN/m<sup>2</sup>

**q-belasting op spantbenen en regel**

$G_{\text{reg}}$  op spantbeen =  $a \cdot G_{\text{dak}} / \cos \alpha = 4 \cdot 0,7 / 0,707 = 3,96$  kN/m' grondvlak  
 $Q_{\text{sneeuw linker dak}} = a \cdot s_n, \text{links} = 4 \cdot 0,28 = 1,12$  kN/m' grondvlak  
 $Q_{\text{sneeuw rechter dak}} = a \cdot s_n, \text{rechts} = 4 \cdot 0,14 = 0,56$  kN/m' grondvlak  
 $Q_{\text{wind linker dak}} = a \cdot w_{e+i, \text{links}} = 4 \cdot 0,16 = 0,64$  kN/m' dakvlak  
 $Q_{\text{wind rechter dak}} = a \cdot w_{e+i, \text{rechts}} = 4 \cdot 0,00 = 0,00$  kN/m' dakvlak  
 $G_{\text{reg}}$  op regel =  $a \cdot G_{\text{vloer}} = 4 \cdot 0,5 = 2,00$  kN/m' grondvlak  
 $Q_{\text{reg}}$  op regel =  $a \cdot Q_{\text{vloer}} = 4 \cdot 1,75 = 7,00$  kN/m' grondvlak

**representatieve waarden**

belasting	eg dak	wind	sneeuw	eg vlr	vb vlr
links	3,96	1,84	1,12	2,00	7,00
rechts	3,96	0,00	0,56	-	-
$V_1$	= -15,84	-3,68	-3,92	-2,40	-8,40
$V_2$	= -15,84	-3,68	-2,80	-2,40	-8,40
$H_1$	= 0,00	-7,4	0,00	0,00	0,00
$H_2$	= 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$M_3$	= 28,83	16,47	6,59	6,72	23,52
$M_4$	= 0,00	0,00	0,00	1,44	5,04
$M_5$	= 28,83	10,29	5,65	6,72	23,52
$N_3$	= -22,03	-6,07	-4,52	-5,66	-19,80
$N_4$	= 26,40	12,26	5,61	5,60	19,60
$N_5$	= -22,03	-11,27	-4,84	-5,66	-19,80
$u_{4, \text{vert}}$	= 0,00	0,00	0,00	0,40	1,39
$u_{6, \text{midden}}$	= 10,6	6,5	2,5	1,5	5,3
$u_{2, \text{hor}}$	= 43,3	20,1	9,2	9,2	32,0
$u_{3,8}$	= -0,7	-0,4	-0,2	-0,2	-0,5
$u_{8,5}$	= -0,7	-0,2	-0,1	-0,2	-0,5

vervormingen van knoop 4 is berekend tov knoop 3 en 5  
 vervormingen van knoop 6 is berekend tov knoop 1 en 8

**uiterste grenstoestand**

combinatie	6.10.a		6.10.b	
	eg + vloer	eg + wind	eg + sneeuw	eg + vloer
$V_1$	= -26,7	-29,2	-29,6	-31,1
$V_2$	= -26,7	-29,2	-28,0	-31,1
$H_1$	= 0,0	-9,9	0,0	0,0
$H_2$	= 0,0	0,0	0,0	0,0
$M_3$	= 55,9	73,4	60,0	70,2
$M_4$	= 4,5	4,3	4,3	8,4
$M_5$	= 55,9	65,0	58,8	70,2
$N_3$	= -44,3	-48,8	-46,7	-56,7
$N_4$	= 49,5	61,7	52,8	61,1
$N_5$	= -44,3	-55,8	-47,2	-56,7

bij de combinaties met sneeuw en wind is de vloer momentaan gerekend  
 momentane vervorming knoop 2 tgv vloer= 12,8 mm  
 momentane vervorming knoop 6 tgv vloer= 2,1 mm  
 vervormingen van knoop 2 is berekend tov knoop 1  
 vervormingen van veld 3-8 is berekend tov knoop 1 en 8  
 vervormingen van veld 8-5 is berekend tov knoop 8 en 2

**toetsing kolommen en regel op torsieknikstabiliteit met art. 6.3.3 prismatische op buiging en druk belaste profielen.**

	grenstoestand	$l_{\text{ef, ch}}$ m	$N_{\text{c; s; d}}$ kN	$M_{\text{Ed, li}}$ kNm	$M_{\text{Ed, veld}}$ kNm	$M_{\text{Ed, re}}$ kNm
spantbeen	6.10.a eg+vloer	5,657	-44,3	0,0	55,9	0,0
knoop 3	6.10.b eg+wind	5,657	-48,8	0,0	<b>73,4</b>	0,0
	6.10.b eg+sneeuw	5,657	-46,7	0,0	60,0	0,0
	6.10.b eg+vloer	5,657	<b>-56,7</b>	0,0	70,2	0,0
hor.regel	6.10.a eg+vloer	2,400	49,5	0,0	4,5	0,0
knoop 4	6.10.b eg+wind	2,400	<b>61,7</b>	0,0	4,3	0,0
	6.10.b eg+sneeuw	2,400	52,8	0,0	4,3	0,0
	6.10.b eg+vloer	2,400	61,1	0,0	<b>8,4</b>	0,0



**toetsingen uiterste grenstoestand (alleen buiging + normaalkracht)** onderdeel

**spantbeen HE200A**

normaalkracht art. 6.2.4 (2) voor doorsnedeklasse 1,2 of 3 geldt:

$$N_{c,Rd} = \frac{A}{\gamma_{MO}} \frac{f_y}{W_{pl}} = \frac{53,8 \cdot 235 \cdot 10^2}{1,00} = 1264,3 \text{ kN}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl}}{\gamma_{MO}} f_y = \frac{430 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 100,9 \text{ kNm}$$

**horizontale regel HE140A**

normaalkracht art. 6.2.4 (2) voor doorsnedeklasse 1,2 of 3 geldt:

$$6.10 \quad N_{c,Rd} = \frac{A}{\gamma_{MO}} \frac{f_y}{W_{pl}} = \frac{31,4 \cdot 235 \cdot 10^2}{1,00} = 737,9 \text{ kN}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl}}{\gamma_{MO}} f_y = \frac{174 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 40,8 \text{ kNm}$$

unity-checks		$N_{Ed}$	/	$N_{c,Rd}$	+	$M_{Ed}$	/	$M_{c,Rd}$	=		+		=	
spantbeen	6.10.a	44,3	/	1264,3	+	55,9	/	100,9	=	0,04	+	0,55	=	0,59
knoop 3	6.10.b	48,8	/	1264,3	+	73,4	/	100,9	=	0,04	+	0,73	=	0,77
	6.10.b	46,7	/	1264,3	+	60,0	/	100,9	=	0,04	+	0,59	=	0,63
	6.10.b	56,7	/	1264,3	+	70,2	/	100,9	=	0,04	+	0,70	=	0,74
hor.regel	6.10.a	49,5	/	737,9	+	4,5	/	40,8	=	0,07	+	0,11	=	0,18
knoop 4	6.10.b	61,7	/	737,9	+	4,3	/	40,8	=	0,08	+	0,10	=	0,19
	6.10.b	52,8	/	737,9	+	4,3	/	40,8	=	0,07	+	0,10	=	0,18
	6.10.b	61,1	/	737,9	+	8,4	/	40,8	=	0,08	+	0,21	=	0,29

**toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand** onderdeel

belastinggevallen en combinaties	vervorming (knoop 6)			vertikale vervorming (knoop 4)			knoop 2(horizontaal)		
	eg+wind	eg+sneeuw	eg+vloer	eg+vloer extr.	eg+wind	eg+sneeuw	eg+vloer		
$u_{on} = G_{k,j}$	12,1	12,1	12,1	0,4	52,4	52,4	52,4		
$u_{elastisch} = Q_{k1}$	6,5	2,5	5,3	1,4	20,1	9,2	32,0		
$u_{elastisch} = Q_{k, \text{momentaan tgv vloer}}$	2,1	2,1	2,1	0,0	12,8	12,8	0,0		
$u_{zeeg} = \text{volgens opgave}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
$u_{eind} = u_{on} + u_{elastisch} + u_{kruip} + u_{zeeg}$	20,8	16,7	19,6	1,8	85,3	74,4	84,4		
$u_{eind, toe} = u_{eind, toelaatbaar}$	22,6	22,6	22,6	8,0					
u.c. = $u_{eind} / u_{eind, toelaatbaar}$	0,92	0,74	0,87	0,22					
$u_{bij} = u_{elastisch}$	6,5	2,5	5,3	1,4					
$u_{bij, toe} = u_{bij, toelaatbaar}$	16,2	16,2	16,2	6,0					
u.c. = $u_{bij} / u_{bij, toelaatbaar}$	0,40	0,15	0,33	0,23					

**opmerking**