



## vereenvoudigde berekening van een houten hoekkeper tussen dakschilden met dezelfde hellingshoek

**120 x 360**  
 GL 24c

werk = **werk**  
 werknummer = **werknummer**  
 onderdeel = **onderdeel**

toegepaste norm = **eurocode nieuwbouw** ontwerplevensduur = **50** jaar  
 ontwerplevensduur klasse = **3** toepassing gebouwen en andere gewone constructies  
 gevolgklasse = **CC1**  
 correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi =$  **0,89**  
**belastingfactoren**  
 formule 6.10.a  $\gamma_{G,j} =$  1,22 -  
 (**meestal niet maatgevend**)  $\gamma_{Q,i} =$  1,35 -  
 $\gamma_{Q,i} =$  1,35 -  
 formule 6.10.b  $\xi \gamma_{G,j} =$  1,08 -  
 (**maatgevend**)  $\gamma_{Q,i} =$  1,35 -  
 $\gamma_{Q,i} =$  1,35 -  
 formule 6.10.a en b  $\gamma_{G,j} =$  0,90 (gunstig)

### de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage

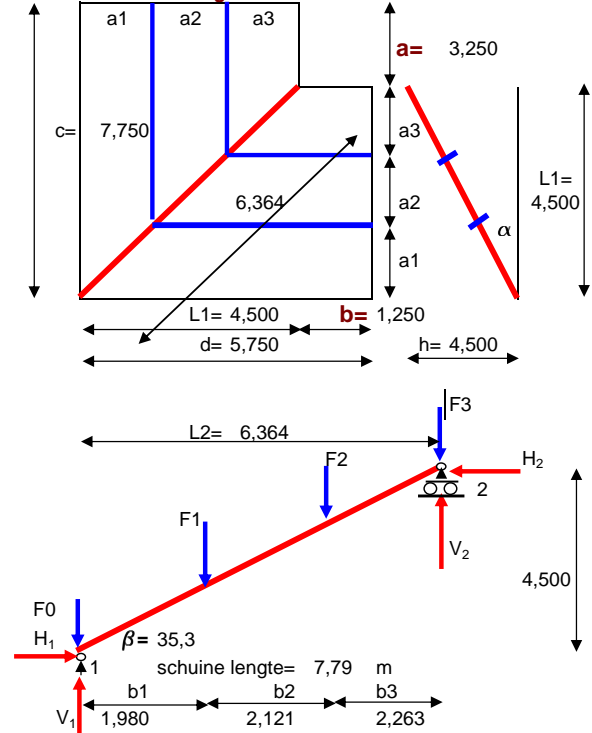
gebouwcategorie H: daken  
 (gewichtsberkening)  $\psi_0 =$  0 -  
 (elastische doorbuiging)  $\psi_1 =$  0 -  
 (kruip)  $\psi_2 =$  0 -

dakvorm **lessenaardak**  
 dakhelling  $\alpha =$  **45** graden  
 kan de sneeuw onbelemmerd afglijden : **ja** -  
**eigen gewicht**  
 eigen gewicht per m<sup>2</sup> dakvlak (schuin)  $G_{k,j} =$  **0,7** kN/m<sup>2</sup>  
**windbelasting**  
 windgebied = **III** -  
 soort terrein **bebouwd III** -  
 hoogte onderdeel boven maaiveld  $z =$  **9** m  
 totale gebouwbreedte;loodrecht op wind  $br =$  **8,7** m  
 totale gebouwhoogte  $ho =$  **7,5** m  
 totale gebouwdiepte;in windrichting  $d =$  **7,5** m

### specifieke spantvorm-afhankelijke invoer

maat a1 (F1)  $a_1 =$  **1,4** m  
 maat a2 (F2)  $a_2 =$  **1,5** m  
 maat a3 van F2 tot steunpunt 2  $a_3 =$  **1,6** m  
 horizontale maat  $a =$  **3,25** m  
 horizontale maat  $b =$  **1,25** m  
 $L_{\text{schuin}} =$  6,364 /  $\cos \alpha =$  **7,79** m  
 toelaatbare einddoorbuiging 1: **250** \*  $L_{\text{schuin}}$   
 $u_{\text{eind}} <$  7794 / 250 = **31,2** mm  
 toelaatbare bijkomende doorbuiging 1: **250** \*  $L_{\text{schuin}}$   
 $u_{\text{bij}} <$  7794 / 250 = **31,2** mm  
 aangrijpingspunt belasting **aan drukzijde**  
 wijze van steunen **gesteund**  
 aangrijpingspunt van steunen **aan drukzijde**  
 ongesteunde staaf lengte in z-richting  $l_z =$  **7794** mm  
 balk- en belastingtype 2 steunpunten + F-last

### schematische tekening van de berekende constructie



### materiaalgegevens, balkafmeting, diverse factoren en belastingen

sterkteklasse = **GL 24c** materiaalfactor sterkte  $\gamma_M =$  1,25 -  
 materiaal = **gelamineerd hout** hoogtefactor treksterkte;breedte  $k_h =$  1,10 -  
 soort doorsnede = **rechthoekig** hoogtefactor buigsterkte;hoogte  $k_h =$  1,05 -  
 houtbreedte hoekkeper  $b =$  **120** mm modificatiefactor sterkte  $k_{\text{mod}} =$  0,90 kort  
 houthoogte hoekkeper  $h =$  **360** mm modificatiefactor treksterkte  $k_{\text{mod}} =$  0,80 kort  
 klimaatklasse = **1** modificatiefactor vervorming  $k_{\text{def}} =$  0,60 -  
 belastingduurklasse comb. veranderlijk = **kort**  
 factor voor volume-effect  $s =$  **0,1** bij LVL  
 $\sigma_{m,\text{crit}}$  berekenen met formule **6.31**

unity-checks	uiterste grenstoestand	0,45	veld	0,32	bruikbaarheidsgrenstoestand	$u_{\text{eind}}$	<b>1,06</b>	$u_{\text{bij}}$	0,51
--------------	------------------------	------	------	------	-----------------------------	-------------------	-------------	------------------	------



### berekening karakteristieke belastingen in kN/m<sup>2</sup>

windbelasting loodrecht op dakvlak  $w_e+w_i=(C_{pe}+C_{pi}) * q_{p(z)}$  = ( 0,61 + 0,30 ) 0,49 = 0,45 kN/m<sup>2</sup>  
 de hoekkepers worden berekend op een equivalente windbelasting in het grondvlak met dezelfde grootte als loodrecht op het dakvlak  
 windbelasting loodrecht op grondvlak  $p_{wi,vert} = (w_e+w_i) * L * \cos \alpha / L * \cos \alpha = w_e+w_i$  = 0,45 kN/m<sup>2</sup>  
 sneeuwbelasting in grondvlak  $s_n = \mu_{ti} * C_e * C_{ti} * s_k * f$  = 0,40 1,00 1,00 0,70 1,00 = 0,28 kN/m<sup>2</sup>

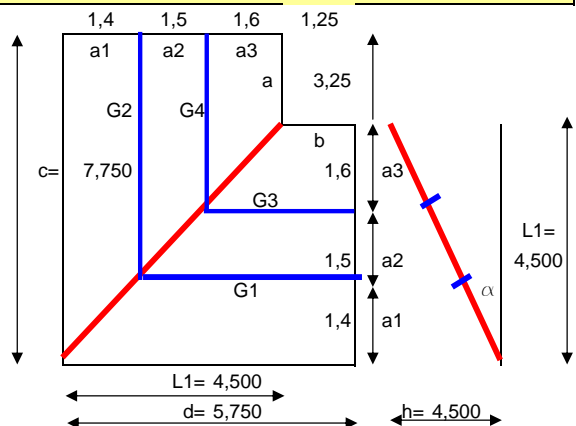
### materiaal- en profielgegevens

	algemene formule : $f_{x,d} =$	$k_1$	$k_h$	$k_{mod}$	$f_{x,rep}$	/	$\gamma_M$	<b>kort</b>
buigsterkte	$f_{m,k}$ 24 N/mm <sup>2</sup>		1,05	0,90	24	/	1,25	= 18,19 N/mm <sup>2</sup>
druksterkte	$f_{c,0,k}$ 21 N/mm <sup>2</sup>			0,90	21	/	1,25	= 15,12 N/mm <sup>2</sup>
druksterkte	$f_{c,90,k}$ 2,4 N/mm <sup>2</sup>			0,90	2,4	/	1,25	= 1,73 N/mm <sup>2</sup>
schuifsterkte	$f_{v,k}$ 2,2 N/mm <sup>2</sup>			0,90	2,2	/	1,25	= 1,58 N/mm <sup>2</sup>
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean,k}$ 11600 N/mm <sup>2</sup>			1,00	11600	/	1,00	= 11600 N/mm <sup>2</sup>
volumieke massa	$\rho_k$ 350 kg/m <sup>3</sup>			0,90	11600	/	1,25	= 8352 N/mm <sup>2</sup>
traagheidsmoment	$I_y = 1 * \frac{1}{12} bh^3$	= 1		$\frac{1}{12}$	120	$360^3$		= 46656 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>
traagheidsmoment	$I_z = 1 * \frac{1}{12} hb^3$	= 1		$\frac{1}{12}$	360	$120^3$		= 5184 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>
weerstandsmoment	$W_y = 1 * \frac{1}{6} bh^2$	= 1		$\frac{1}{6}$	120	$360^2$		= 2592 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
weerstandsmoment	$W_z = 1 * \frac{1}{6} hb^2$	= 1		$\frac{1}{6}$	360	$120^2$		= 864 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
oppervlak	$A = 1 * bh$	= 1			120	360		= 432 10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>
traagheidsstraal	$i_y = \sqrt{I_y / A}$	= $\sqrt{}$			( 46656 / 432 )			= 103,9 mm
traagheidsstraal	$i_z = \sqrt{I_z / A}$	= $\sqrt{}$			( 5184 / 432 )			= 34,6 mm

### mechanicaberekening

onderdeel

dakhelling dakvlakken  $\alpha = 45$  graden  
 maat a1 (F1) a1= 1,4 m  
 maat a2 (F2) a2= 1,5 m  
 maat a3 van F2 tot steunpunt 2 a3= 1,6 m  
 horizontale maat a= 3,25 m  
 horizontale maat b= 1,25 m  
 $h = l * \tan \alpha = 4,500 * 1,000 = 4,500$  m  
 $c = L1 + a = 4,500 + 3,250 = 7,750$  m  
 $d = L1 + b = 4,500 + 1,250 = 5,750$  m  
 $L1 = \text{totale horizontale maat} = a1 + a2 + a3 = 4,500$  m  
 $L2 = L1 * \sqrt{2} = 4,500 * 1,414 = 6,364$  m  
 $\tan \beta = 4,500 / 6,364 = 0,7071$   
 helling hoekkeper  $\beta = 35,3$  graden



te dragen m' dak maximaal =  $0,5 * ( 7,750 + 5,750 ) / \sqrt{2} = 4,77$  m  
 te dragen m' dak minimaal =  $0,5 * ( 3,250 + 1,250 ) / \sqrt{2} = 1,59$  m  
 totaal dakoppervlak op hoekkeper =  $0,5 * ( 4,77 + 1,59 ) * 6,364 = 20,25$  m<sup>2</sup>  
 totaal dakoppervlak =  $4,50 * 7,75 + 1,25 * 4,50 = 40,50$  m<sup>2</sup>

lengte van de langste gording G1  $L_{G1} = b + a2 + a3 = 1,250 + 1,500 + 1,600 = 4,350$  m  
 lengte van de langste gording G2  $L_{G2} = a + a2 + a3 = 3,250 + 1,500 + 1,600 = 6,350$  m  
 lengte van de kortste gording G3  $L_{G3} = b + a3 = 1,250 + 1,600 = 2,850$  m  
 lengte van de kortste gording G4  $L_{G4} = a + a3 = 3,250 + 1,600 = 4,850$  m

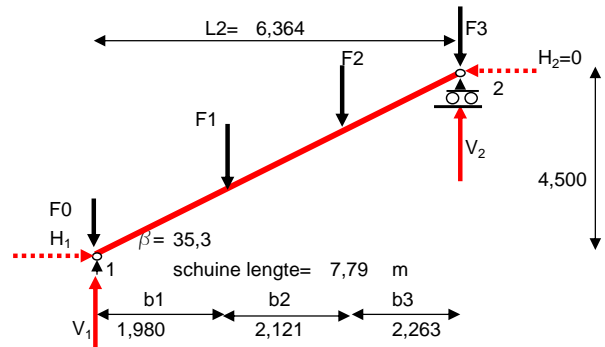
halve lengte per schild

m' dak bij F0 =  $( 5,400 + 7,400 ) / 2 = 6,400$  m voor F0 2,700 m of 3,700 m  
 m' dak bij F1 =  $( 4,350 + 6,350 ) / 2 = 5,350$  m voor F1 2,175 m of 3,175 m  
 m' dak bij F2 =  $( 2,850 + 4,850 ) / 2 = 3,850$  m voor F2 1,425 m of 2,425 m  
 m' dak bij F3 =  $( 1,650 + 3,650 ) / 2 = 2,650$  m voor F3 0,825 m of 1,825 m



helling van de hoekkeper  $\beta = 35,3$  graden  
 maat b1 (F1) b1= 1,980 m  
 maat b2 (F2) b2= 2,121 m  
 maat b3 van F2 tot steunpunt 2 b3= 2,263 m

elasticiteitsmodulus E= 11600 N/mm<sup>2</sup>  
 traagheidsmoment I<sub>y</sub>= 46656 cm<sup>4</sup>  
 belastingfactoren voor formule 6.10.b  $\xi \gamma_{G_i} = 1,08$  -  
 (formule 6.10.a is niet maatgevend)  $\gamma_{Q_i} = 1,35$  -  
 eigen gewicht per m<sup>2</sup> dakvlak G<sub>rep</sub>= 0,7 kN/m<sup>2</sup>  
 sneeuwbelasting s<sub>n</sub> =  $\mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot f = 0,28$  kN/m<sup>2</sup>  
 windbelasting in grondvlak p<sub>wi,vert</sub> = 0,45 kN/m<sup>2</sup>



eigen gewicht  
 $F_0 = 0,5a_1 p_{g,rep} L_{gem} / \cos \alpha = 0,5 \cdot (1,400) \cdot 0,70 \cdot 6,400 / 0,707 = 4,43$  kN  
 $F_1 = 0,5(a_1 + a_2) p_{g,rep} L_{gem} / \cos \alpha = 0,5 \cdot (1,400 + 1,500) \cdot 0,70 \cdot 5,350 / 0,707 = 7,68$  kN  
 $F_2 = 0,5(a_2 + a_3) p_{g,rep} L_{gem} / \cos \alpha = 0,5 \cdot (1,500 + 1,600) \cdot 0,70 \cdot 3,850 / 0,707 = 5,91$  kN  
 $F_3 = 0,5a_3 p_{g,rep} L_{gem} / \cos \alpha = 0,5 \cdot (1,600) \cdot 0,70 \cdot 2,650 / 0,707 = 2,10$  kN

wind op het grootste dakschild in het grondvlak  
 $F_0 = 0,5a_1 p_{wi,vert} 0,5 L_{max} = 0,5 \cdot (1,400) \cdot 0,45 \cdot 0,5 \cdot 7,400 = 1,16$  kN  
 $F_1 = 0,5(a_1 + a_2) p_{wi,vert} 0,5 L_{max} = 0,5 \cdot (1,400 + 1,500) \cdot 0,45 \cdot 0,5 \cdot 6,350 = 2,06$  kN  
 $F_2 = 0,5(a_2 + a_3) p_{wi,vert} 0,5 L_{max} = 0,5 \cdot (1,500 + 1,600) \cdot 0,45 \cdot 0,5 \cdot 4,850 = 1,68$  kN  
 $F_3 = 0,5a_3 p_{wi,vert} 0,5 L_{max} = 0,5 \cdot (1,600) \cdot 0,45 \cdot 0,5 \cdot 3,650 = 0,65$  kN

sneeuw  
 $F_0 = 0,5a_1 p_{sn,rep} L_{gem} = 0,5 \cdot (1,400) \cdot 0,28 \cdot 6,400 = 1,26$  kN  
 $F_1 = 0,5(a_1 + a_2) p_{sn,rep} L_{gem} = 0,5 \cdot (1,400 + 1,500) \cdot 0,28 \cdot 5,350 = 2,17$  kN  
 $F_2 = 0,5(a_2 + a_3) p_{sn,rep} L_{gem} = 0,5 \cdot (1,500 + 1,600) \cdot 0,28 \cdot 3,850 = 1,67$  kN  
 $F_3 = 0,5a_3 p_{sn,rep} L_{gem} = 0,5 \cdot (1,600) \cdot 0,28 \cdot 2,650 = 0,59$  kN

representatieve waarde per spantbeen / spoor

belastinggeval	e.g	wind	sneeuw
F0	= 4,43	1,16	1,26 kN
F1	= 7,68	2,06	2,17 kN
F2	= 5,91	1,68	1,67 kN
F3	= 2,10	0,65	0,59 kN
V <sub>1</sub>	= 7,39	2,02	2,09 kN
H <sub>1</sub>	= 0,00	0,00	0,00 kN
V <sub>2</sub>	= 6,20	1,73	1,75 kN
H <sub>2</sub>	= 0,00	0,00	0,00 kN
N <sub>F1</sub>	= 4,27	1,17	1,21 kN
N <sub>F2</sub>	= -0,17	-0,02	-0,05 kN
M <sub>F1</sub>	= 14,63	4,00	4,14 kNm
M <sub>F2</sub>	= 14,02	3,91	3,97 kNm
u <sub>midden</sub>	= 17,1	5,8	4,8 mm

uiterste grenstoestand formule 6.10.b (6.10.a is niet maatgevend)

combinatie	eg	eg+wi	eg+sn
F0	= 5,39	6,36	6,49 optellen bij reactie V <sub>1</sub>
F1	= 9,33	11,09	11,24
F2	= 7,18	8,66	8,65
F3	= 2,55	3,15	3,07 optellen bij reactie V <sub>2</sub>
V <sub>1</sub>	= 8,98	10,72	10,82 zonder F0
H <sub>1</sub>	= 0,00	0,00	0,00
V <sub>2</sub>	= 7,53	9,03	9,07 zonder F3
H <sub>2</sub>	= 0,00	0,00	0,00
N <sub>F1</sub>	= 5,18	6,19	6,25
N <sub>F2</sub>	= -0,20	-0,21	-0,24
M <sub>F1</sub>	= 17,78	21,22	21,42
M <sub>F2</sub>	= 17,03	20,44	20,52

6.10.a	6.10.b
--------	--------



**toetsing uiterste grenstoestand** onderdeel

veld 1-2		art. 6.2.4 gecombineerde buig- en axiale drukspanning				6,19				$\left(\frac{\sigma_{c,0;d}}{f_{c,0;d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y;d}}{f_{m,y;d}} < 0$	
	$N_{c,Ed}$	$M_{y,Ed}$	A	$W_y$	$\sigma_{c,0;d}$	$f_{c,0;d}$	$\sigma_{m,y;d}$	$f_{m,y;d}$	UC		
tpv F1	kN	kNm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	-		
eigen gewicht + wind	6,19	21,22	432,0	2592,0	0,14	15,12	8,19	18,19	0,45		
eigen gewicht + sneeuw	6,25	21,42	432,0	2592,0	0,14	15,12	8,26	18,19	0,45		
tpv F2											
eigen gewicht + wind	-0,21	20,44	432,0	2592,0	0,00	15,12	7,88	18,19	0,43		
eigen gewicht + sneeuw	-0,24	20,52	432,0	2592,0	-0,01	15,12	7,92	18,19	0,44		

veld 1-2		art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging en druk				6,35				$\left(\frac{\sigma_{m,y;d}}{k_{krit} f_{m,y;d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0;d}}{k_{c,z} f_{c,0;d}} < 0$	
	$N_{c,Ed}$	$M_{y,Ed}$	A	$W_y$	$\sigma_{c,0;d}$	$f_{c,0;d}$	$k_{krit}$	$\sigma_{m,y;d}$	$f_{m,y;d}$	$k_{c,z}$	UC
tpv F1	kN	kNm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	-	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	-	-
eigen gewicht + wind	6,19	21,22	432,0	2592,0	0,14	15,12	1,00	8,19	18,19	0,08	0,31
eigen gewicht + sneeuw	6,25	21,42	432,0	2592,0	0,14	15,12	1,00	8,26	18,19	0,08	0,32
tpv F2											
eigen gewicht + wind	-0,21	20,44	432,0	2592,0	0,00	15,12	1,00	7,88	18,19	0,08	0,18
eigen gewicht + sneeuw	-0,24	20,52	432,0	2592,0	-0,01	15,12	1,00	7,92	18,19	0,08	0,19

**toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand** onderdeel

vervorming tgv kruip:		$u_{kruip} = k_{def} * (G_{kj} + \psi_2 Q_{k,1}) =$									
belastingcombinatie		veld	$u_{on}$	$u_{elastisch}$	$u_{kruip}$	$u_{eind}$	$u_{eind,toe}$	u.c.	$u_{bij}$	$u_{bij,toe}$	u.c.
			mm	mm	mm	mm	mm	-	mm	mm	-
eigen gewicht + wind	$u_{2,3}$		17,1	5,8	10,3	33,1	31,2	<b>1,06</b>	16,0	31,2	0,51
eigen gewicht + sneeuw	$u_{2,3}$		17,1	4,8	10,3	32,2	31,2	<b>1,03</b>	15,1	31,2	0,48

opmerking