



## houten ligger op 2 steunpunten belast door een driehoeksbelasting en een q-last

**71 x 246**

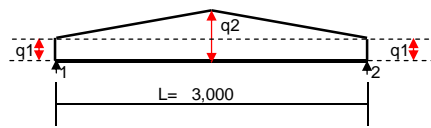
naaldhout C18

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

toegepaste norm = **eurocode nieuwbouw** ontwerplevensduur = 50 jaar  
 ontwerplevensduur klasse = **3** toepassing: gebouwen en andere gewone constructies  
 gevolgklasse CC = **CC1** **belastingfactoren**  
 correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$  formule 6.10.a

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

gebouwcategorie **A: woon- en verblijfsruimtes**  
 (gewichtsberekening)  $\psi_{0,1} = 0,4$  - formule 6.10.b  $\gamma_{G,j} = 1,22$  -  
 (elastische doorbuiging)  $\psi_{1,1} = 0,5$  -  $\gamma_{Q,1} = 1,35$  -  
 (kruip)  $\psi_{2,1} = 0,3$  -  $\gamma_{Q,i} = 1,35$  -  
 reductiefactor vloerbelasting  $\psi_{1,r} = 1,00$  - formule 6.10.a en b  $\gamma_{G,j} = 0,90$  (gunstig)  
 belastingcombinatie **eg + vloerbelasting**  
 liggerlengte  $L = 3$  m  
 staaflengte z-richting, ongesteund  $L_z = 3$  m  
 aangrijpingspunt belasting **aan drukzijde**  
 wijze van steunen **gesteund**  
 aangrijpingspunt van steunen **aan drukzijde**  
 toelaatbare einddoorbuiging 1: **250** \* L  
 toelaatbare bijkomende doorbuiging 1: **333** \* L  
 toegepaste zeeg **0** mm



## belastingen en combinaties onderdeel

### q1 (kleinste belasting bij oplegging)

permanente belasting	$G_{k,j} = 3$ kN/m	$G_{k,j}$ : (incl.e.g.)	3	=	3,00	kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 3,5$ kN/m	STR/GEO	$\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{mom}$	=	1,22	3,00 + 1,35 2,00 = 6,35
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 2$ kN/m	6.10.a:	$\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom}$	=	1,22	3,00 + 1,35 2,00 = 6,35
gewogen momentaanfactor $\Sigma Q_{k,1}$	$\psi_{0,1} = 0,4$	STR/GEO	$\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom}$	=	0,89	1,22 3,00 + 1,35 3,50 = 7,97
gewogen momentaanfactor $\Sigma Q_{k,i}$	$\psi_{0,i} = 0,4$	6.10.b:	$\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom}$	=	1,08	1,08 3,00 + 1,35 3,50 = 7,97
quasie-permanente factor $\Sigma Q_{k,1}$	$\psi_{2,1} = 0,3$	EQU	$G_{k,j} + 1,50 \Sigma Q_{extr+mom}$	=	1,10	3,00 + 1,50 3,50 = 8,55
quasie-permanente factor $\Sigma Q_{k,i}$	$\psi_{2,i} = 0,3$	6.10:	$G_{k,j} + 1,50 \Sigma Q_{extr+mom}$	=	1,10	3,00 + 1,50 3,50 = 8,55
		EQU en STR/GEO	$0,9 G_{k,j}$	=	0,9	3,00 = 2,70
$\Sigma Q_{k,1} = (\Sigma Q_{extr+mom} - \Sigma Q_{mom}) / (1 - \psi_{0,1})$			$(3,5 - 2) / (1 - 0,4)$	=	2,50	kN/m'
$\Sigma Q_{k,i} = (\Sigma Q_{extr+mom} - \Sigma Q_{k,1}) / \psi_{0,i}$			$(3,5 - 2,50) / 0,4$	=	2,50	kN/m'
kruip = $k_{def} (G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$	0,60		$(3,00 + 0,3 2,50 + 0,3 2,50)$	=	2,70	kN/m'

### q2 (grootste belasting in het midden)

permanente belasting	$G_{k,j} = 3,5$ kN/m	$G_{k,j}$ : (incl.e.g.)	3,5	=	3,50	kN/m
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 3,5$ kN/m	STR/GEO	$\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{mom}$	=	1,22	3,50 + 1,35 2,00 = 6,95
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 2$ kN/m	6.10.a:	$\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom}$	=	1,22	3,50 + 1,35 2,00 = 6,95
gewogen momentaanfactor $\Sigma Q_{k,1}$	$\psi_{0,1} = 0,4$	STR/GEO	$\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom}$	=	0,89	1,22 3,50 + 1,35 3,50 = 8,51
gewogen momentaanfactor $\Sigma Q_{k,i}$	$\psi_{0,i} = 0,4$	6.10.b:	$\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom}$	=	1,08	1,08 3,50 + 1,35 3,50 = 8,51
quasie-permanente factor $\Sigma Q_{k,1}$	$\psi_{2,1} = 0,3$	EQU	$G_{k,j} + 1,50 \Sigma Q_{extr+mom}$	=	1,10	3,50 + 1,50 3,50 = 9,10
quasie-permanente factor $\Sigma Q_{k,i}$	$\psi_{2,i} = 0,3$	6.10:	$G_{k,j} + 1,50 \Sigma Q_{extr+mom}$	=	1,10	3,50 + 1,50 3,50 = 9,10
		EQU en STR/GEO	$0,9 G_{k,j}$	=	0,9	3,50 = 3,15
$\Sigma Q_{k,1} = (\Sigma Q_{extr+mom} - \Sigma Q_{mom}) / (1 - \psi_{0,1})$			$(3,5 - 2,00) / (1 - 0,4)$	=	2,50	kN/m
$\Sigma Q_{k,i} = (\Sigma Q_{extr+mom} - \Sigma Q_{k,1}) / \psi_{0,i}$			$(3,5 - 2,50) / 0,4$	=	2,50	kN/m
kruip = $k_{def} (G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$	0,60		$(3,50 + 0,3 2,50 + 0,3 2,50)$	=	3,00	kN/m

## materiaal-, hoogte- en modificatiefactoren onderdeel

sterkteklasse	= <b>naaldhout C18</b>	materiaalfactor sterkte	$\gamma_M = 1,30$ -
materiaal	= <b>gezaagd hout</b>	hoogtefactor treksterkte/breedte	$k_h = 1,16$ -
houtbreedte	b = <b>71</b> mm	hoogtefactor buigsterkte/hoogte	$k_h = 1,00$ -
houthoogte	h = <b>246</b> mm	modificatiefactor sterkte	$k_{mod} = 0,90$ kort
klimaatklasse	= <b>1</b>	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod} = 0,80$ kort
belastingduurklasse comb. veranderlijk	= <b>kort</b>	modificatiefactor sterkte	$k_{mod} = 0,60$ blijvend
belastingduurklasse alleen permanent	= <b>blijvend</b>	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod} = 0,50$ blijvend
E en G corrigeren tgv art. 2.3.2.2(2)	= <b>nee</b> -	modificatiefactor vervorming	$k_{def} = 0,60$ -
factor voor volume-effect	s = <b>0,12</b> bij LVL		
$\sigma_{m,crit}$ berekenen met formule	= <b>6.31</b>		

### unity-checks

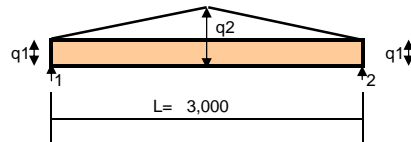
ULS	buiging	<b>1,05</b>	dwarskracht	0,38	stabiliteit	<b>1,05</b>	SLS	$u_{bind}$	<b>1,08</b>	$u_{bij}$	0,94
-----	---------	-------------	-------------	------	-------------	-------------	-----	------------	-------------	-----------	------



**materiaal- en profielgegevens** onderdeel

		$f_{x;d}$ =	$k_l$	$k_h$	$k_{mod}$	$f_{x;rep}$	/	$\gamma_M$	kort blijvend	
buigsterkte	$f_{m;k}$ <b>18</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{m;d}$	1,00	1,00	0,90	18	/	1,30	=	<b>12,46</b> 8,31
treksterkte	$f_{t;0;k}$ <b>11</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{t;0;d}$	1,00	1,16	0,90	11	/	1,30	=	<b>8,84</b> 5,90
treksterkte	$f_{t;90;k}$ <b>0,4</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{t;90;d}$			0,80	0,4	/	1,30	=	<b>0,25</b> 0,15
druksterkte	$f_{c;0;k}$ <b>18</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{c;0;d}$			0,90	18	/	1,30	=	<b>12,46</b> 8,31
druksterkte	$f_{c;90;k}$ <b>2,2</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{c;90;d}$			0,90	2,2	/	1,30	=	<b>1,52</b> 1,02
schuifsterkte	$f_{v;k}$ <b>3,4</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{v;d}$			0,90	3,4	/	1,30	=	<b>2,35</b> 1,57
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean;k}$ <b>9000</b> N/mm <sup>2</sup>	$E_{0,mean;d}$			1,00	9000	/	1,00	=	<b>9000</b> 9000
volumieke massa	$\rho_k$ <b>320</b> kg/m <sup>3</sup>	$E_{0,u;d}$			0,90	9000	/	1,30	=	<b>6231</b> 4154
glijdingsmodulus	$G_k$ <b>560</b> N/mm <sup>2</sup>	$G_d$			1,00	560	/	1,00	=	<b>560</b> 560
elasticiteitsmod naaldhout	$E_{90,mean;k}$ <b>300</b> N/mm <sup>2</sup>	$E_{90,mean;d}$			1,00	300	/	1,00	=	<b>300</b> 300
elasticiteitsmod loofhout	$E_{90,mean;k}$ <b>300</b> N/mm <sup>2</sup>	$E_{90,mean;d}$			1,00	300	/	1,00	=	<b>300</b> 300
elasticiteitsmodulus	$E_{0,05;k}$ <b>6000</b> N/mm <sup>2</sup>	$E_{0,05;d}$			1,00	6000	/	1,00	=	<b>6000</b> 6000
traagheidsmoment	$I_y = 1 * \frac{1}{12} bh^3$		=	1	$\frac{1}{12}$	71	$246^3$		=	8808 $10^4 mm^4$
traagheidsmoment	$I_z = 1 * \frac{1}{12} hb^3$		=	1	$\frac{1}{12}$	246	$71^3$		=	734 $10^4 mm^4$
weerstandsmoment	$W_y = 1 * \frac{1}{6} bh^2$		=	1	$\frac{1}{6}$	71	$246^2$		=	716,1 $10^3 mm^3$
weerstandsmoment	$W_z = 1 * \frac{1}{6} hb^2$		=	1	$\frac{1}{6}$	246	$71^2$		=	206,7 $10^3 mm^3$
oppervlak	$A = 1 * bh$		=	1		71	246		=	174,7 $10^2 mm^2$
traagheidsstraal	$i_y = \sqrt{I_y / A}$		=	$\sqrt{\quad}$	(	8808	/	175	) =	71,0 mm
traagheidsstraal	$i_z = \sqrt{I_z / A}$		=	$\sqrt{\quad}$	(	734	/	175	) =	20,5 mm

**resultaten mechanieberekeningen** onderdeel



belastinggeval / combinatie	belastingen		dwarskracht (kN)		reactie (kN)	
	q1	q2	$V_{1,2}$	$V_{2,1}$	$R_1$	$R_2$
$G_{k,i}$	3,00	3,50	-4,9	4,9	4,9	4,9
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	3,50	3,50	-5,3	5,3	5,3	5,3
$K_{def} \cdot (G_{k,i} + \psi_{2,i} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$	2,70	3,00	-4,3	4,3	4,3	4,3
ULS(1) 6.10.a	6,35	6,95	-10,0	10,0	10,0	10,0
ULS(2) 6.10.b	7,97	8,51	-12,4	12,4	12,4	12,4
<b>maatgevende waarden</b>			$V_{Ed} =$ <b>12,4</b>	kN	$R_{Ed} =$ <b>12,4</b>	kN

belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)		veldmoment (kNm)	positie $M_{veld,max}$ (m)	vervorming (mm)
	$M_1$	$M_2$	$M_{1,2}$	uit $R_1$	$u_{1,2}$
$G_{k,i}$	0,0	0,0	3,8	1,50	4,4
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	0,0	0,0	3,9	1,50	4,7
$K_{def} \cdot (G_{k,i} + \psi_{2,i} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$	0,0	0,0	3,3	1,50	3,8
ULS(1) 6.10.a	0,0	0,0	7,6	1,50	
ULS(2) 6.10.b	0,0	0,0	9,4	1,50	
<b>maatgevende waarden</b>	$M_{Ed,sl} =$ <b>0,0</b>	kNm	$M_{Ed,v} =$ <b>9,4</b>	kNm	

**toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand** onderdeel

combinatie	=	eg + vloerbelasting
veld	=	$u_{1,2}$
$u_{on}$	=	$G_{k,i}$ = 4,4
$u_{elastisch}$	=	$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ = 4,7
$u_{kruip}$	=	$K_{def} \cdot (G_{k,i} + \psi_{2,i} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$ = 3,8
$u_{zeeg}$	=	volgens opgave = 0,0
$u_{eind}$	=	$u_{on} + u_{elastisch} + u_{kruip} + u_{zeeg}$ = 12,9
$u_{eind,toe}$	=	$u_{eind,toelaatbaar}$ = 12,0
U.C.	=	$u_{eind} / u_{eind,toelaatbaar}$ = <b>1,08</b>
$u_{bij}$	=	$u_{elastisch} + u_{kruip}$ = 8,5
$u_{bij,toe}$	=	$u_{bij,toelaatbaar}$ = 9,0
U.C.	=	$u_{bij} / u_{bij,toelaatbaar}$ = <b>0,94</b>



**toetsingen uiterste grenstoestand** onderdeel

**art. 6.1.6 enkele buiging**  
 moment in y-richting  $M_{Ed,y} = 9,4 \text{ kNm}$   $W_y = 716 \text{ cm}^3$   $f_{m,y,d} = 12,5 \text{ N/mm}^2$   $b = 71 \text{ mm}$   
 $h = 246 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = \frac{9,4 \cdot 10^6}{716 \cdot 10^3} = 13,1 \text{ N/mm}^2$$

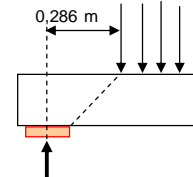
6.11 unity-check  $\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 13,1 / 12,5 = 1,05$

**art. 6.1.7 dwarskracht**  
 oplegbreedte ondersteuning  $b_f = 80 \text{ mm}$   $f_{v,d} = 2,35 \text{ N/mm}^2$   $b = 71 \text{ mm}$   
 rekenwaarde q-last op balk  $q_d = 6,35 \text{ kN/m'}$   $h = 246 \text{ mm}$   
 niet gereduceerde dwarskracht  $V = 12,4 \text{ kN}$

$$V_{red} = (0,5 b_f + h) \cdot q_d = (0,5 \cdot 80 + 246) \cdot 6,35 = 1,81 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = V - V_{red} = 12,4 - 1,81 = 10,5 \text{ kN}$$

$$\tau_d = \frac{3 V_{Ed}}{2 b h} = \frac{3 \cdot 10,5}{2 \cdot 71 \cdot 246} = 0,91 \text{ N/mm}^2$$



6.13 unity-check  $\tau_d / f_{v,d} = 0,91 / 2,35 = 0,38$

**art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging of aan buiging en druk**

6.33  $\sigma_{m,d} / (k_{krit} f_{m,d}) = 13,1 / (1,00 \cdot 12,5) = 1,05$

**art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging of aan buiging en druk**

drukkkracht	$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$	$W_y = 716 \text{ cm}^3$	$f_{c,0,k} = 18,0 \text{ N/mm}^2$	$b = 71 \text{ mm}$
moment	$M_{y,Ed} = 9,4 \text{ kNm}$	$A = 174,7 \text{ cm}^2$	$f_{c,0,d} = 12,5 \text{ N/mm}^2$	$h = 246 \text{ mm}$
staaf lengte z-richting, ongesteund	$l_z = 3000 \text{ mm}$		$f_{m,k} = 18 \text{ N/mm}^2$	$I_z = 734 \text{ cm}^4$
elasticiteitsmodulus	$E_{0,05} = 6000 \text{ N/mm}^2$		$f_{m,y,d} = 12,5 \text{ N/mm}^2$	$i_z = 20,5 \text{ mm}$
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean,d} = 9000 \text{ N/mm}^2$			$\lambda_z = 146,4$
glijdingsmodulus	$G_{0,05} = E_{0,05} / 16 = 375 \text{ N/mm}^2$		modificatiefactor vervorming	$K_{def} = 0,6$
factor quasi-blijvende belasting	$\psi_2 = 0,3$		factor voor rechtheid (6.29)	$\beta_c = 0,2$
balk- en belastingtype	2 steunpunten + q-last			
aangrijpingspunt belasting	aan drukzijde			
wijze van steunen	gesteund			

druk  $\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A = 0 \cdot 10^3 / 174,7 \cdot 10^2 = 0,0 \text{ N/mm}^2$   
 buiging y  $\sigma_{m,y,d} = M_{y,Ed} / W_y = 9,4 \cdot 10^6 / 716 \cdot 10^3 = 13,1 \text{ N/mm}^2$

2.10  $E_{0,05,fin} = E_{0,05} / (1 + \psi_2 k_{def}) = 6000 / (1 + 0,30 \cdot 0,60) = 5085 \text{ N/mm}^2$   
 2.11  $G_{0,05,fin} = G_{0,05} / (1 + \psi_2 k_{def}) = 375 / (1 + 0,30 \cdot 0,60) = 318 \text{ N/mm}^2$   
 6.30  $\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{18 / 27,4} = 0,81$

**bij aan de drukzijde of neutrale lijn gesteunde staven**

6.31  $\sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}) / (I_{ef} W_y)}$   
 $\sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(6000 \cdot 734 \cdot 10^4 \cdot 375 \cdot 2404,3 \cdot 10^4) / (3192 \cdot 716 \cdot 10^3)} = 27,4 \text{ N/mm}^2$   
 of bij gezaagd hout met een rechthoekige doorsnede  
 6.32  $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 E_{0,05} / (h I_{ef}) = 0,78 \cdot 71^2 \cdot 6000 / (246 \cdot 3192) = 30,0 \text{ N/mm}^2$   
 rekenen met:  $\sigma_{m,crit} = 27,4 \text{ N/mm}^2$

**bij in trekzone gesteunde staven: (staat niet in de eurocode)**

$\sigma_{m,crit} = (G_{0,05} I_{tor} / E_{0,05} + 3,2 h^2 I_z^2 / L_{ed}^2) \cdot 4 \cdot E_{0,05} / (b h^3)$   
 $\sigma_{m,crit} = (2404,3 \cdot 10^4 / 16 + 3,2 \cdot 246^2 \cdot 734 \cdot 10^4) / (3192^2) \cdot 4 \cdot 6000 / (71 \cdot 246^3)$   
 $\sigma_{m,crit} = 37,3 \text{ N/mm}^2$

met  $I_{tor} = \frac{1}{3} b^3 h \{ 1 - 0,63 b/h + 0,525 (b/h)^5 \}$   
 $I_{tor} = \frac{1}{3} \cdot 71^3 \cdot 246 \{ 1 - 0,63 \cdot 71 / 246 + 0,525 (71 / 246)^5 \} \cdot 10^4 = 2404,3 \text{ cm}^4$   
 en  $I_{ef} = a \cdot I_z + n \cdot h = 0,9 \cdot 3000 + 2 \cdot 246 = 3192 \text{ mm}$

6.22  $\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \cdot \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 146,4 / \pi \cdot \sqrt{18,0 / 6000} = 2,552$

6.26  $k_{c,z} = 1 / \{ k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)} \} = 1 / \{ 3,98 + \sqrt{(3,98^2 - 2,552^2)} \} = 0,14$

6.28  $k_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 (1 + 0,2 (2,552 - 0,3) + 2,552^2) = 3,98$

6.34  $k_{crit} = 1$  als  $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$   $k_{crit} = 1$   $= 1,00$   
 $k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$  als  $0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4$   $k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,81 = 0,95$   
 $k_{crit} = 1 / \lambda_{rel,m}^2$  als  $1,4 < \lambda_{rel,m}$   $k_{crit} = 1 / 0,81^2 = 1,52$   
 als de balk aan de drukzijde volledig is gesteund geldt  $k_{crit} = 1,0$  maatgevende waarde  $k_{crit} = 1,00$

6.33  $\sigma_{m,d} / (k_{krit} f_{m,d}) = 13,1 / (1,00 \cdot 12,5) = 1,05$

**opmerking**