

ligger op 2 steunpunten met trapeziumbelasting , houten balk :

71 x 246
 naaldhout C18

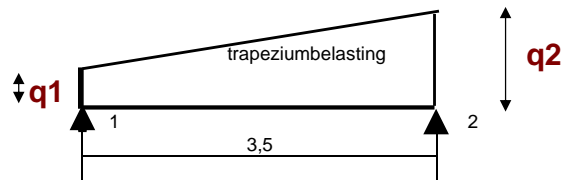
werk = **werk**
 werknummer = **werknummer**
 onderdeel = **onderdeel**

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

A: woon- en verblijfsruimtes

gebouwcategorie	$\psi_0 =$ 0,4 -	formule 6.10.b	$\gamma_{G,j} =$ 1,22 -
(gewichtsberekening)	$\psi_1 =$ 0,5 -		$\gamma_{Q,1} =$ 1,35 -
(elastische doorbuiging)	$\psi_2 =$ 0,3 -		$\gamma_{Q,i} =$ 1,35 -
(kruip)	$\psi_i =$ 1,00 -	formule 6.10.a en b	$\xi \gamma_{G,j} =$ 1,08 -
reductiefactor vloerbelasting	L = 3,5 m		$\gamma_{Q,1} =$ 1,35 -
liggerlengte	$L_x =$ 3,5 m		$\gamma_{Q,i} =$ 1,35 -
staaf lengte z-richting, ongesteund			$\gamma_{G,j} =$ 0,90 (gunstig)
aangrijpingspunt van de belasting	aan drukzijde		
wijze van steunen	gesteund		
aangrijpingspunt van de steunen	aan drukzijde		
toelaatbare einddoorbuiging	1: 250 * L		
toelaatbare bijkomende doorbuiging	1: 333 * L		
toegepaste zeeg	0 mm		



belastingen en combinaties onderdeel

q1: (links)

permanente belasting	$G_{k,j} =$ 2 kN/m	$G_{k,j}$: (incl.e.g.)	2	+	0,00	=	2,00 kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} =$ 1,5 kN/m	STR/GEO	$\gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	ΣQ_{mom}
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} =$ 0,75 kN/m	6.10.a:	1,22	2,00	+	1,35	0,75 = 3,44 kN/m'
gewogen momentaanfactor ΣQ_{k1}	$\psi_{0,1} =$ 0,4 -	STR/GEO	$\xi \gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$
gewogen momentaanfactor ΣQ_{ki}	$\psi_{0,i} =$ 0,4 -	6.10.b:	1,08	2,00	+	1,35	1,50 = 4,19 kN/m'
quasie-permanente factor ΣQ_{k1}	$\psi_{2,1} =$ 0,3 -	EQU	1,10	$G_{k,j}$	+	1,50	$\Sigma Q_{extr+mom}$
quasie-permanente factor ΣQ_{ki}	$\psi_{2,i} =$ 0,3 -	6.10:	1,10	2,00	+	1,50	1,50 = 4,45 kN/m'
		EQU en STR/GEO	0,9	$G_{k,j}$	=	0,9	2,00 = 1,80 kN/m'
$\Sigma Q_{k,1} = (\Sigma Q_{extr+mom} - \Sigma Q_{mom}) / (1 - \psi_{0,1})$							$= (1,5 - 0,75) / (1 - 0,4) = 1,25$ kN/m'
$\Sigma Q_{k,i} = (\Sigma Q_{extr+mom} - \Sigma Q_{k,1}) / \psi_{0,i}$							$= (1,5 - 1,25) / 0,4 = 0,625$ kN/m'
kruip = $k_{def} (G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$	0,60						$(2,00 + 0,3 \cdot 1,25 + 0,3 \cdot 0,63) = 1,54$ kN/m'

q2: (rechts)

permanente belasting	$G_{k,j} =$ 2 kN/m	$G_{k,j}$: (incl.e.g.)	2	+	0,00	=	2,00 kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} =$ 1,5 kN/m	STR/GEO	$\gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	ΣQ_{mom}
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} =$ 0,75 kN/m	6.10.a:	1,22	2,00	+	1,35	0,75 = 3,44 kN/m'
gewogen momentaanfactor ΣQ_{k1}	$\psi_{0,1} =$ 0,4 -	STR/GEO	$\xi \gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$
gewogen momentaanfactor ΣQ_{ki}	$\psi_{0,i} =$ 0,4 -	6.10.b:	1,08	2,00	+	1,35	1,50 = 4,19 kN/m'
quasie-permanente factor ΣQ_{k1}	$\psi_{2,1} =$ 0,3 -	EQU	1,10	$G_{k,j}$	+	1,50	$\Sigma Q_{extr+mom}$
quasie-permanente factor ΣQ_{ki}	$\psi_{2,i} =$ 0,3 -	6.10:	1,10	2,00	+	1,50	1,50 = 4,45 kN/m'
		EQU en STR/GEO	0,9	$G_{k,j}$	=	0,9	2,00 = 1,80 kN/m'
$\Sigma Q_{k,1} = (\Sigma Q_{extr+mom} - \Sigma Q_{mom}) / (1 - \psi_{0,1})$							$= (1,5 - 0,75) / (1 - 0,4) = 1,25$ kN/m'
$\Sigma Q_{k,i} = (\Sigma Q_{extr+mom} - \Sigma Q_{k,1}) / \psi_{0,i}$							$= (1,5 - 1,25) / 0,4 = 0,625$ kN/m'
kruip = $k_{def} (G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$	0,60						$(2,00 + 0,3 \cdot 1,25 + 0,3 \cdot 0,63) = 1,54$ kN/m'

materiaal-, hoogte- en modificatiefactoren onderdeel

sterkteklasse	= naaldhout C18	materiaalfactor sterkte	$\gamma_M =$ 1,30 -
materiaal	= gezaagd hout	hoogtefactor treksterkte;breedte	$k_h =$ 1,16 -
houtbreedte	b= 71 mm	hoogtefactor buigsterkte;hoogte	$k_h =$ 1,00 -
houthoogte	h= 246 mm	modificatiefactor sterkte	$k_{mod} =$ 0,90 kort
klimaatklasse	= 1	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod} =$ 0,80 kort
belastingduurklasse comb. veranderlijk	= kort	modificatiefactor sterkte	$k_{mod} =$ 0,60 blijvend
belastingduurklasse alleen permanent	= blijvend	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod} =$ 0,50 blijvend
E en G corrigeren tgv art. 2.3.2.2(2)	= nee -	modificatiefactor vervorming	$k_{def} =$ 0,60 -
factor voor volume-effect	s= 0,12 bij LVL	modificatiefactor vervorming	$k_{mod,ser} =$ 1,00 -(TGB)
$\sigma_{m,crit}$ berekenen met formule	6.32		

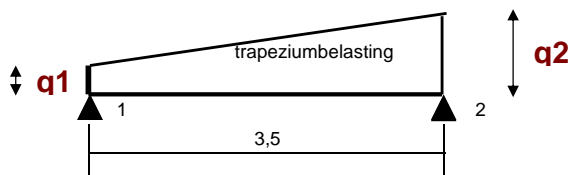
unity-checks

ULS	buiging	0,72	dwarskracht	0,23	stabiliteit	0,72	SLS	u_{eind}	0,89	u_{bij}	0,71
-----	---------	------	-------------	------	-------------	------	-----	------------	------	-----------	------

materiaal- en profielgegevens onderdeel

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

resultaten mechanica berekeningen onderdeel



belastinggeval / combinatie	belastingen		dwarskracht (kN)		reactie (kN)	
	q1	q2	$V_{1,2}$	$V_{2,1}$	R_1	R_2
$G_{k,i}$	2,00	2,00	-3,50	3,50	3,50	3,50
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	1,50	1,50	-2,63	2,63	2,63	2,63
$k_{def} \cdot (G_{k,i} + \psi_2 Q_{k,1} + \psi_2 Q_{k,i})$	1,54	1,54	-2,69	2,69	2,69	2,69
ULS(1) 6.10.a	3,44	3,44	-6,02	6,02	6,02	6,02
ULS(2) 6.10.b	4,19	4,19	-7,33	7,33	7,33	7,33
maatgevende waarden			$V_{Ed} =$ 7,33	kN	$R_{Ed} =$ 7,33	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	3,06	1,75	4,9
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	0,0	0,0	2,30	1,75	3,7
$k_{def} \cdot (G_{k,i} + \psi_2 Q_{k,1} + \psi_2 Q_{k,i})$	0,0	0,0	2,35	1,75	3,8
ULS(1) 6.10.a	0,0	0,0	5,27	1,75	
ULS(2) 6.10.b	0,0	0,0	6,41	1,75	
maatgevende waarden	$M_{Ed,st} =$ 0,0	kNm	$M_{Ed,v} =$ 6,4	kNm	

toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

onderdeel

belastinggevallen en combinaties	=	vervorming	
veld	=	$u_{1,2}$	
u_{on}	=	$G_{k,j}$	= 4,9
$u_{elastisch}$	=	$Q_{k,1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	= 3,7
u_{kruip}	=	$k_{def} \cdot (G_{k,j} + \psi_{2,Q_{k,1}} + \psi_{2,Q_{k,i}})$	= 3,8
u_{zeeg}	=	volgens opgave	= 0,0
u_{eind}	=	$u_{on} + u_{elastisch} + u_{kruip} + u_{zeeg}$	= 12,4
$u_{eind,toe}$	=	$u_{eind,toelaatbaar}$	= 14,0
u.C.	=	$u_{eind} / u_{eind,toelaatbaar}$	= 0,89
u_{bij}	=	$u_{elastisch} + u_{kruip}$	= 7,5
$u_{bij,toe}$	=	$u_{bij,toelaatbaar}$	= 10,5
u.C.	=	$u_{bij} / u_{bij,toelaatbaar}$	= 0,71

toetsingen uiterste grenstoestand

onderdeel

art. 6.1.6 enkele buiging

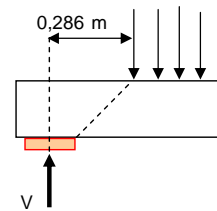
moment in y-richting	$M_{Ed,y} =$	6,41	kNm	$W_y =$	716	cm ³	$f_{m,y,d} =$	12,5	N/mm ²	$b =$	71	mm
										$h =$	246	mm
	$\sigma_{m,y,d} =$	$M_{Ed,y} / W_y$	=	6,41	10 ⁶	/	716	10 ³	=	9,0	N/mm ²	
6,11	unity-check	$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}$	=	9,0	/	12,5	=	0,72	-			

art. 6.1.7 dwarskracht

oplegbreedte ondersteuning	$b_r =$	80	mm	$f_{v,d} =$	2,35	N/mm ²	$b =$	71	mm
rekenwaarde q-last op balk	$q_d =$	3,44	kN/m'	$h =$	246	mm			
niet gereduceerde dwarskracht	$V =$	7,3	kN						

$V_{red} =$	$(0,5 b_r + h) \cdot q_d$	=	(0,5	0,08	+	0,246) \cdot	3,44	=	0,98	kN
$V_{Ed} =$	$V - V_{red}$	=	7,33	-	0,98	=	6,34	kN			
$\tau_d =$	$3 V_{Ed} / 2bh$	=	3	6,34	1000	=	0,54	N/mm ²			
			2	71	246	1					

6.13	unity-check	$\tau_d / f_{v,d}$	=	0,54	/	2,35	=	0,23	-
------	-------------	--------------------	---	------	---	------	---	------	---



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

$$6.33 \quad \sigma_{m;d} / (k_{krit} f_{m;d}) = 9,0 / (1,00 \cdot 12,5) = 0,72$$

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

drukkracht	$N_{Ed} = 0$ kN	$W_y = 716$ cm ³	$f_{c;0;k} = 18,0$ N/mm ²	$b = 71$ mm
moment	$M_{y;Ed} = 6,4$ kNm	$A = 174,7$ cm ²	$f_{c;0;d} = 12,5$ N/mm ²	$h = 246$ mm
staaf lengte z-richting, ongesteund	$l_z = 3500$ mm		$f_{m;k} = 18$ N/mm ²	$I_z = 734$ cm ⁴
elasticiteitsmodulus	$E_{0,05} = 6000$ N/mm ²		$f_{m;y;d} = 12,5$ N/mm ²	$i_z = 20,5$ mm
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean;d} = 9000$ N/mm ²			$\lambda_z = 170,8$ -
glijdingsmodulus	$G_{0,05} = E_{0,05} / 16 = 375$ 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	$\sigma_{c;0;d} = N_{Ed} / A$	=	$0 \cdot 10^3$	/	$174,7 \cdot 10^2$	=	$0,0$ N/mm ²
buiging y	$\sigma_{m;y;d} = M_{y;Ed} / W_y$	=	$6,4 \cdot 10^6$	/	$716 \cdot 10^3$	=	$9,0$ N/mm ²

$$2.10 \quad E_{0,05,fin} = E_{0,05} / (1 + \psi_2 K_{def}) = 6000 / (1 + 0,30 \cdot 0,60) = 5085 \text{ N/mm}^2$$

$$2.11 \quad G_{0,05,fin} = G_{0,05} / (1 + \psi_2 K_{def}) = 375 / (1 + 0,30 \cdot 0,60) = 318 \text{ N/mm}^2$$

$$6.30 \quad \lambda_{rel;m} = \sqrt{f_{m;k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{18 / 26,3} = 0,83$$

bij aan de drukzijde of neutrale lijn gesteunde staven

$$6.31 \quad \sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}) / (I_{ef} W_y)}$$

$$\sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(6000 \cdot 734 \cdot 10^4 \cdot 375 \cdot 2404,3 \cdot 10^4) / (3642 \cdot 716 \cdot 10^3)} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

of bij gezaagd hout met een rechthoekige doorsnede

$$6.32 \quad \sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 E_{0,05} / (h I_{ef}) = 0,78 \cdot 71^2 \cdot 6000 / (246 \cdot 3642) = 26,3 \text{ N/mm}^2$$

rekenen met: $\sigma_{m,crit} = 26,3 \text{ N/mm}^2$

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

$$\sigma_{m,crit} = (G_{0,05} I_{tor} / E_{0,05} + 3,2 h^2 I_z / L_{ef}^2) \cdot 4 \cdot E_{0,05} / (b h^3)$$

$$\sigma_{m,crit} = (2404,3 \cdot 10^4 / 16 + 3,2 \cdot 246^2) \cdot 734 \cdot 10^4 / (3642^2) \cdot 4 \cdot 6000 / (71 \cdot 246^3) = 36,6 \text{ N/mm}^2$$

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 $I_{ef} = a \cdot I_z + n \cdot h = 0,9 \cdot 3500 + 2 \cdot 246 = 3642 \text{ mm}$

$$6.22 \quad \lambda_{rel;z} = \lambda_z / \pi \sqrt{f_{c;0;k} / E_{0,05}} = 170,8 / \pi \sqrt{18,0 / 6000} = 2,977$$

$$6.26 \quad k_{c;z} = 1 / \{ k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel;z}^2} \} = 1 / \{ 5,20 + \sqrt{5,20^2 - 2,977^2} \} = 0,11$$

$$6.28 \quad k_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel;z} - 0,3) + \lambda_{rel;z}^2) = 0,5 (1 + 0,2 (2,977 - 0,3) + 2,977^2) = 5,20$$

$$6.34 \quad k_{crit} = 1 \text{ als } \lambda_{rel;m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1 = 1,00$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel;m} \text{ als } 0,75 < \lambda_{rel;m} \leq 1,4 \quad k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,83 = 0,94$$

$$k_{crit} = 1 / \lambda_{rel;m}^2 \text{ als } 1,4 < \lambda_{rel;m} \quad k_{crit} = 1 / 0,83^2 = 1,46$$

als de balk aan de drukzijde volledig is gesteund geldt $k_{crit} = 1,0$ maatgevende waarde $k_{crit} = 1,00$

$$6.33 \quad \sigma_{m;d} / (k_{krit} f_{m;d}) = 9,0 / (1,00 \cdot 12,5) = 0,72$$

opmerking