

Statische berekening dakkapel

(Volgens NEN-EN)

Datum: 25-9-2023

Klant en order gegevens

Order nr. 31507 Pos: 11
 Project nr.: 23PC8143
 Klant naam: Knipping Kozijnen
 Referentie: Grootfaam_Amsterdam

Berekening constructie volgens

eurocode 0 - grondslagen
 eurocode 1 - belastingen op constructies
 eurocode 2 - ontwerp en berekening van betonconstructies
 eurocode 3 - ontwerp en berekening van staalconstructies
 eurocode 4 - ontwerp en berekening van staal-betonconstructies
 eurocode 5 - ontwerp en berekening van houtconstructies
 eurocode 6 - ontwerp en berekening van constructies van metselwerk
 eurocode 7 - geotechnisch ontwerp
 NEN 8700 - beoordeling van constructieve veiligheid van bestaande bouw
 Indien nodig is tevens gebruik gemaakt van bouwrichtlijnen en/of NPR rapporten.

Gebruikfuncties

gebr.functie A: Dakkapel t.b.v. woning
 gevolgklasse CC1 (Nieuwbouw Groep B)
 ontwerplevensduur 50 jaar (Eengsgezinswoningen met 1, 2 of 3 bouwlagen)

$\gamma_{G,j}$	=	1,22	γ_Q	=	1,35	
$\gamma_{G,sub}$	=	1,08	$\gamma_{Q,w}$	=	1,35	(wind)
$\gamma_{G,sub}$	=	0,9	K_{fi}	=	0,9	

Gewenste doorbuiging (A1.4.3)

	W_{bij}	W_{eind}
vloeren	0,003 xL	0,004 xL
gevelelement	0,003 xL	0,004 xL
daken	0,004 xL	0,004 xL
gordingen, dubbele buiging	n.t.b.	0,005 xL

(doorbuiging is geen eis volgens het bouwbesluit)

Gewenste verplaatsing

industrie gebouw	h/ 150	
overige gebouwen	h/ 300	
gebouwen met meer dan 1 bouwlaag	h/ 300	per bouwlaag
	h/ 500	voor het hele gebouw

Materialen

beton	C20/25	f_{cd}	13,3 N/mm ²
betonstaal	B500 A/B/C	f_{yd}	435 N/mm ²
constructiestaal algemeen	S235	f_y	235 N/mm ²
constructiestaal kokers	S235	f_y	235 N/mm ²
bouten	8.8	f_{ub}	800 N/mm ²
ankers	4.6	f_{ub}	400 N/mm ²
metselwerk	baksteen (min. 10N/m	f_k	4,88 N/mm ²
	kalkzandsteen (min. 6	f_k	4,51 N/mm ²
	betonsteen (min. 15N	f_k	6,2 N/mm ²
motel	M5	f_m	5 N/mm ²
	M10	f_m	10 N/mm ²
hout	C18	$f_{m,0,k}$	18 N/mm ²

(tenzij anders aangegeven)

Project omschrijving

Dit werk betreft de berekening van een dakkapel welke op een nieuwe of bestaande woning kan worden geplaatst.
De onderslagbalk welke de dakkapel opvangt a.d.

disclaimer

De aannames en uitgangspunten die gebruikt zijn voor deze statische berekening dienen door de opdrachtgever c.q. aannemer te worden gecontroleerd. Afwijkingen dienen tijdig te worden gemeld. Knipping Kozijnen is niet aansprakelijk en verantwoordelijk voor tussentijdse wijzigingen en/of afwijkingen t.o.v. de berekening en tekening, waarvan ons bureau niet op de hoogte is gesteld.

Stabiliteit

De stabiliteit van de dakkapel wordt verzorgd door de schijfwerking van het stijve dak in samenwerking met voldoende koppeling in beide richtingen aan de achterliggende hoofddraagconstructie van het dak.

Windbelasting

berekening windbelasting volgens eurocode EN1991-1-4

 gebouwbreedte 12 m
 gebouwdiepte 8 m
 gebouwhoogte 9 m

Windgebied 1

$V_{b,0}$	=	29,5 m/s	Basisfactoren	C_{season}	=	1,0 seizoen
K	=	0,200	C_{dir}	=	1,0 windrichting	
n	=	0,500	k_l	=	1,0 turbulentie	
			$C_o(Z)$	=	1,0 orografie	
			C	=	1,0 correlatie	

Terreincategorie 2 (onbebouwd gebied)

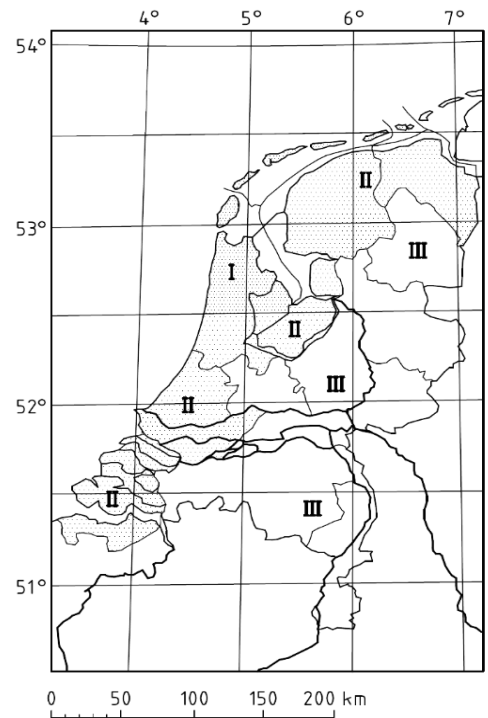
Z_0	=	0,2 m	
Z_{min}	=	4,0 m	Hoogte, $Z_e = 9,0m$ $Z_{max} = 200 m$
Z_s	=	5,4 m	ref. hoogte bouwwerkfactor
R	=	500 m	invloedsgebied vlgs NB.4
ρ	=	1,25 kg/m ³	extreme stuwdruk
p	=	1/50	= 0,02 kans
$I_v(Z)$	=	6,176 / 23,51 =	0,263 turbulentie

C_{prob}	=	$\left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1 - P))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^{AN}$	=	1,000	waarschijnlijkheidsfactor (4.2)
K_r	=	$0,19 \cdot (Z_0 / 0,05)^{0,07}$	=	0,209	terreinfactor (4,5)
$C_r(Z)$	=	$K_r \cdot \ln(Z_e / Z_0)$	=	0,797	ruwheidsfactor (4.3.2)
V_b	=	$1,0 \cdot 1,0 \cdot 29,5 \cdot 1,0$	=	29,50 m/s	basiswindsnelheid (4,1)
$V_m(Z)$	=	$C_r(Z) \cdot C_o(Z) \cdot V_b = 0,797 \cdot 1 \cdot 29,5$	=	23,51 m/s	gemiddelde windsnelheid (4.3)
σ_v	=	$K_r \cdot V_b \cdot K_l = 0,209 \cdot 29,5 \cdot 1$	=	6,176	stand.afwijking turbulentie (4.6)
$q_p(z)$	=	$(1 + 7 \cdot 0,263) \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 23,512$	=	0,981 kN/m ²	extreme stuwdruk (4.8)

Windbelasting

	$C_{pe/i}$		$q_p(z)$		$W_{e/i}$	
1 t.g.v. wind druk	0,80	*	0,981	=	0,78	kN/m ²
2 t.g.v. wind zuiging	0,51	*	0,981	=	0,50	kN/m ²
3 t.g.v. wind onderdruk	0,30	*	0,981	=	0,29	kN/m ²
4 t.g.v. wind overdruk	0,20	*	0,981	=	0,20	kN/m ²
5 t.g.v. wind wrijving	0,02	*	0,981	=	0,02	kN/m ²

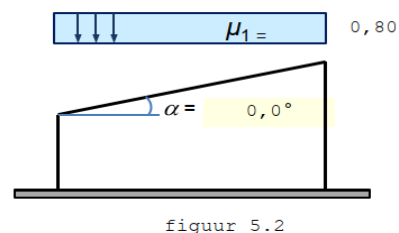
	h_{eff}		$W_{e/i}$		$W_{e/i}$	
6 t.g.v. wind voor	1,00	*	$(0,78 + 0,5) =$	=	1,28	kN/m ²
7 t.g.v. wind achter	1,00	*	$(0,78 + 0,5) =$	=	1,28	kN/m ²
8 t.g.v. wind links	1,00	*	$(0,78 + 0,5) =$	=	1,28	kN/m ²
9 t.g.v. wind rechts	1,00	*	$(0,78 + 0,5) =$	=	1,28	kN/m ²



Sneeuwbelasting

berekening sneeuwbelasting volgens eurocode EN1991-1-3

sneeuwbelasting	plattendak / lessenaarsdak
S_k	= 0,70 kN/m ² <i>sneeuwbelasting op de grond</i>
α	= 0,00 graden
μ_1	= 0,80 <i>vormfactor (5.3)</i>
g	= 2,00 kN/m ³ <i>volumiek gewicht sneeuw</i>
C_e	= 1,00 <i>blootstellingscoëfficiënt (5.2)</i>
C_t	= 1,00 <i>warmtecoëfficiënt (5.2)</i>
ψ_0	= 0,50 <i>combinatie waarde (4.2)</i>
ψ_1	= 0,20 <i>frequente waarde (4.2)</i>
ψ_2	= 0,00 <i>quasie-permanente waarde (4.2)</i>



$$S = \mu_1 * C_e * C_t * S_k = \text{basis-sneeuwbelasting op het dak}$$

$$= 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Neer komende belastingen

16 platdak; hout

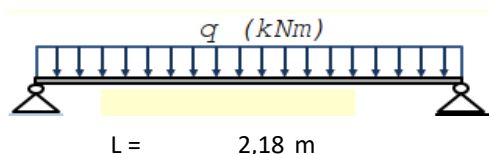
t.g.v.	EPDM dakbedekking 1,1mm	=	0,015 kN/m ²
t.g.v.	Dakplaat OSB3 12 mm	=	0,075 kN/m ²
t.g.v.	153 mm PIR (0,153 * 32kg)	=	0,049 kN/m ²
t.g.v.	Plafondplaat 1 OSB3 12 mm	=	0,075 kN/m ²
t.g.v.	12mm Fermacell	=	<u>0,115 kN/m²</u>
			0,329 kN/m ²

		q_k	Q_k
t.g.v.	sneeuwbelasting gem.	= 1,00 kN/m ²	1,50 kN
ontw.levenduur:	50 jaar	$F_t = 1,00$	
$F_t * q_k = 1 * 1 \text{ kN/m}^2$		= 1,00 kN/m ²	$\psi_0 = 0,0$
			$\psi_1 = 0,2$
			$\psi_2 = 0,0$

Houtconstructie

Balklaag platdak

t.p.v. dakkapel


 gebr. Functie A : CC1
 ontwerplevensduur: 50 jaar
 cat. doorbuiging: daken

$$\delta_{\text{norm}} = 0,004 \times L$$

Belastingen:

q t.g..v.	lengte		G_k	q_k	ψ_0	G_k	$\psi_0 * q_k$	q_k
plattendak; hout	1,23	*	0,33	1,00	0,0	0,41	0,00	1,23

aantal belastingen extreem: dak extreem

$$q_{k,1} + \sum q_{k,i} \psi_0 = 1,23 + 0 + 0 * 0 = 1,23 \text{ kN/m}^1$$

belastingcombinaties

q_k	$= 1,00 * 0,41 + 1,00 * 1,23 =$	$1,64 \text{ kN/m}^1$	(6.14a/b) SLS karakteristiek
$q_{\text{ed},1}$	$= 1,22 * 0,41 + 1,35 * 0 =$	$0,50 \text{ kN/m}^1$	(6.10a) ULS lange duur
$q_{\text{ed},2}$	$= 1,08 * 0,41 + 1,35 * 1,23 =$	$2,10 \text{ kN/m}^1$	(6.10b) ULS korte duur

profiel: 56 x 177 h.o.h. 1230 mm

	Kwaliteit C18	gez. Naalddh.	klimaatklasse: 1
h	177 mm	$E_{0,\text{mean}} = 9000 \text{ N/mm}^2$	$W_{\text{yel}}: 1/6 * b h^2 = 292,4 \text{ E}^3 \text{ mm}^3$
b	56 mm	$f_{m;k} = 18 \text{ N/mm}^2$	$I_y: 1/12 * b h^3 = 2588 \text{ E}^4 \text{ mm}^4$
A	99,12 mm ²	$f_{v;k} = 3,4 \text{ N/mm}^2$	$W_z: 1/6 * b h^2 = 93 \text{ E}^3 \text{ mm}^3$
g	3,07 kg/m ¹	$f_{t;0;k} = 11 \text{ N/mm}^2$	$I_y: 1/12 * b h^3 = 259 \text{ E}^4 \text{ mm}^4$
Y_m	1,30	$f_{c;0;k} = 18 \text{ N/mm}^2$	$k_{\text{def}} = 0,6$
$k_h = 0,97$	$k_{h,b} = 1,22$		

$f_{x;d}$	$= k_h$	*	$k_{\text{mod.}}$	*	$f_{x;k}$	/	Y_m	=	(vlgs 3.1.2 / tabel 3)
$f_{m;d}$	$= 0,97$	*	0,7	*	18	/	1,30	=	9,4 N/mm ² (lange duur)
$f_{m;d}$	$= 0,97$	*	0,9	*	18	/	1,30	=	12,1 N/mm ² (korte duur)
$f_{t;0;d}$	$= 1,22$	*	0,8	*	11	/	1,30	=	8,2 N/mm ² (korte duur)
$f_{c;d}$	$=$		0,9	*	18	/	1,30	=	12,5 N/mm ² (lange duur)
$f_{v;d}$	$=$		0,9	*	3,4	/	1,30	=	2,4 N/mm ² (korte duur)
$E_{0;u;d}$	$=$		0,9	*	9000	/	1,30	=	6231 N/mm ³ (korte duur)
G_k	$=$		1	*	560	/	1	=	560 N/mm ⁴

oplegreacties

afm. tpv $R_{\text{ed}} = 0,5 * 2,1 * 2,2 = 2,29 \text{ kN}$

oplegging $V_{\text{red}} = (0,5 * b + h) * q_{\text{ed}} = (0,5 * 56 + 177) * 2,1 / 10^3 = 0,43 \text{ kN}$

$V_{\text{ed}} = 2,29 - 0,43 = 1,86 \text{ kN}$ (6.13)

$$\tau_{\text{ed}} = \frac{3 * V_{\text{ed}}}{2 * b * h} = \frac{3 * 1,86 * 10^3}{2 * 56 * 177} = 0,28 < 2,4 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

Sterkte

Lange duur	$M_{ed} = 1/8 * 0,5 * 2,2^2 =$	0,3 kNm		(6.11)
(6.10a)	$\sigma_s = 0,3 * 10^3 / 292,404 =$	1,0	<	9,4 N/mm ² OK
Korte duur	$M_{ed} = 1/8 * 2,1 * 2,2^2 =$	1,2 kNm		(6.11)
(6.10b)	$\sigma_s = 1,2 * 10^3 / 292,404 =$	4,3	<	12,1 N/mm ² OK

doorbuiging

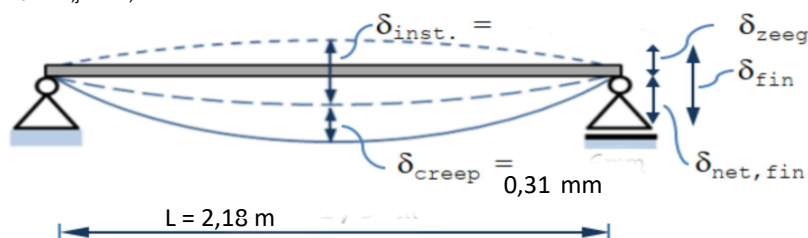
$$\psi_2 = 0,0 \text{ (wordt gehanteerd voor de kruiprichting)}$$

$$\delta G_{k;j} = 0,41 * 5/384 * 2332^4 (9000 * 2588 * 10^4) = 0,51 \text{ mm}$$

$$\delta G_{k;1} = 1,23 * 5/384 * 2332^4 (9000 * 2588 * 10^4) = 1,55 \text{ mm}$$

$$\delta k_{def} = 0,6 * (0,41 + 0 * 1,23) * 5/384 * 2332^4 (9000 * 2588 * 10^4) = 0,31 \text{ mm}$$

$$\delta_{int.} = G_{k;j} + Q_{k;l} = 0,51 + 1,55 = 2,07 \text{ mm}$$



$$\delta_{zeeg} = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{fin} = G_{k;j} + Q_{k;l} + K_{def} (G_{k;j} + \psi_2 Q_{k;l})$$

$$0,51 + 1,55 + 0,31 = 2,37 \text{ mm}$$

$$\delta_{net,fin} = \delta G_{k;j} + \delta_{creep} + \delta Q_{k;l} - \delta_{zeeg} = \delta_{fin} - \delta_{zeeg}$$

$$= 2,37 - 0 = 2,37 \text{ mm}$$

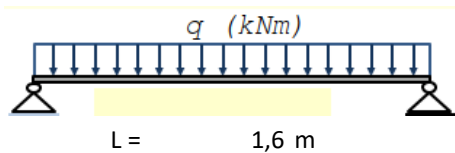
$$= 0,0011 * L < 0,004 * L \quad \text{OK}$$

$$\delta_{bij} = \delta Q_{k;l} + \delta_{creep} = 1,55 + 0,31 = 1,86 \text{ mm}$$

$$0,0009 * L < 0,004 * L \quad \text{OK}$$

Onderslagbalk platdak

t.p.v. dakkapel


 gebr. Functie A : CC1
 ontwerplevensduur: 50 jaar
 cat. doorbuiging: daken

$$\delta_{\text{norm}} = 0,004 \times L$$

Belastingen:

q t.g.v.	lengte		G_k	q_k	ψ_0	G_k	$\psi_0 * q_k$	q_k
plattendak; hout	1,14	*	0,33	1,00	0,0	0,38	0,00	1,14

aantal belastingen extreem: dak extreem

$$q_{k,1} + \sum q_{k,i} \psi_0 = 1,14 + 0 + 0 * 0 = 1,14 \text{ kN/m}^1$$

belastingcombinaties

$q_k = 1,00 * 0,38 + 1,00 * 1,14 =$	1,52 kN/m ¹	(6.14a/b) SLS karakteristiek
$q_{ed,1} = 1,22 * 0,38 + 1,35 * 0 =$	0,46 kN/m ¹	(6.10a) ULS lange duur
$q_{ed,2} = 1,08 * 0,38 + 1,35 * 1,14 =$	1,95 kN/m ¹	(6.10b) ULS korte duur

profiel: 84 x 277 h.o.h. 1140 mm

	Kwaliteit C18	gez. Naalddh.	klimaatklasse: 1
$h =$	277 mm	$E_{0,mean} =$	9000 N/mm ²
$b =$	84 mm	$f_{m;k} =$	18 N/mm ²
$A =$	232,68 mm ²	$f_{v;k} =$	3,4 N/mm ²
$g =$	7,21 kg/m ¹	$f_{t,0;k} =$	11 N/mm ²
$Y_m =$	1,30	$f_{c,0;k} =$	18 N/mm ²
$k_h = 0,88$	$k_{h,b} = 1,12$		$k_{def} = 0,6$

$f_{x;d}$	$=$	k_h	$*$	$k_{mod.}$	$*$	$f_{x;k}$	$/$	Y_m	$(\text{vlgs 3.1.2 / tabel 3})$
$f_{m;d}$	$=$	0,88	$*$	0,7	$*$	18	$/$	1,30	$= 8,6 \text{ N/mm}^2 \text{ (lange duur)}$
$f_{m;d}$	$=$	0,88	$*$	0,9	$*$	18	$/$	1,30	$= 11,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (korte duur)}$
$f_{t,0;d}$	$=$	1,12	$*$	0,8	$*$	11	$/$	1,30	$= 7,6 \text{ N/mm}^2 \text{ (korte duur)}$
$f_{c;d}$	$=$			0,9	$*$	18	$/$	1,30	$= 12,5 \text{ N/mm}^2 \text{ (lange duur)}$
$f_{v;d}$	$=$			0,9	$*$	3,4	$/$	1,30	$= 2,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (korte duur)}$
$E_{0,u;d}$	$=$			0,9	$*$	9000	$/$	1,30	$= 6231 \text{ N/mm}^3 \text{ (korte duur)}$
G_k	$=$			1	$*$	690	$/$	1	$= 690 \text{ N/mm}^4$

oplegreacties

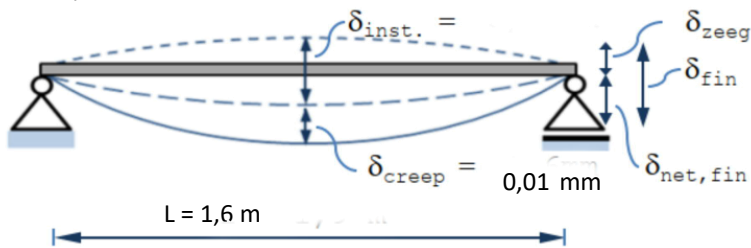
afm. tpv	$R_{ed} = 0,5 * 1,9 * 1,6 =$	1,56 kN
oplegging	$V_{red} = (0,5 * b + h) * q_{ed}$	
	$= (0,5 * 84 + 277) * 1,9 / 10^3 =$	0,62 kN
	$V_{ed} = 1,56 - 0,62 =$	0,94 kN
	$\tau_{ed} = \frac{3 * V_{ed}}{2 * b * h} =$	$\frac{3 * 0,94 * 10^3}{2 * 84 * 277} =$
		0,06 < 2,35 N/mm ² OK

Sterkte

Lange duur	$Med = 1/8 * 0,46 * 1,6^2 =$	0,1 kNm			(6.11)
(6.10a)	$\sigma_s = 0,1 * 10^3 / 1074 =$	0,1	<	8,6 N/mm ²	OK
Korte duur	$Med = 1/8 * 1,95 * 1,6^2 =$	0,6 kNm			(6.11)
(6.10b)	$\sigma_s = 0,6 * 10^3 / 1074 =$	0,6	<	11,0 N/mm ²	OK

doorbuiging

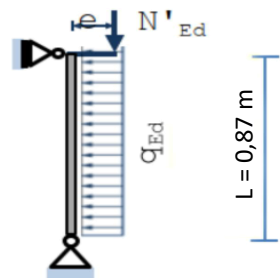
$$\begin{aligned} \psi_2 &= 0,0 \text{ (wordt gehanteerd voor de kruiprichting)} \\ \delta_{G_{k;j}} &= 0,38 * 5/384 * 1600^4 (9000 * 14878 * 10^4) = 0,02 \text{ mm} \\ \delta_{G_{k;l}} &= 1,14 * 5/384 * 1600^4 (9000 * 14878 * 10^4) = 0,07 \text{ mm} \\ \delta_{k_{def}} &= 0,6 * (0,38 + 0 * 1,14) * 5/384 * 1600^4 (9000 * 14878 * 10^4) = 0,01 \text{ mm} \\ \delta_{int.} = G_{k;j} + Q_{k;l} &= 0,02 + 0,07 = 0,10 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= 0 \text{ mm} \\ &= G_{k;j} + Q_{k;l} + K_{def} (G_{k;j} + \psi_2 Q_{k;l}) \\ &= 0,02 + 0,07 + 0,01 = 0,11 \text{ mm} \\ &= \delta_{G_{k;j}} + \delta_{creep} + \delta_{Q_{k;l}} - \delta_{zeeg} = \delta_{fin} - \delta_{zeeg} \\ &= 0,11 - 0 = 0,11 \text{ mm} \\ &= 0,0001 * L < 0,004 * L \quad \text{OK} \\ \delta_{bij} = \delta_{Q_{k;l}} + \delta_{creep} &= 0,07 + 0,01 = 0,09 \text{ mm} \\ &= 0,0001 * L < 0,004 * L \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Constructiebalk zijwangen

(over de slappe richting berekend)


 Stijlen
 h.o.h. 869 mm
 L_{knik} 0,87 m
 $L_{ongesteund}$ 0,87 m

gebr. Functie A : CC1

 ontwerplevensduur: **50 jaar**

cat. doorbuiging: gevelement

$$\delta_{norm} = 0,004 \times L$$

q t.g.v. horiz.	Lengte	G_k	q_k	ψ_0	G_k	$\psi_0 * q_k$	q_k
Wind druk	0,8689662	0	0,78	0	0,00	0,00	0,68
Wind onderdruk	0,8689662	0	0,29	0	0,00	0,00	0,26
					0,00	0,00	0,94 kN/m ¹

aantal belasting extreem: 2

$$q_{k,1} + \sum q_{k,i} \psi_0 = 0,68 + 0,26 + 0 * 0 = 0,94 \text{ kN/m}^1$$

q t.g.v. vert	Atot	G_k	q_k	ψ_0	G_k	$\psi_0 * q_k$	q_k
Platdak; hout	1	0,33	1,00	0,0	0,33	0,00	1,00

aantal belasting extreem: 1

$$q_{k,1} + \sum q_{k,i} \psi_0 = 1 + 0 + 0 * 0 = 1,00 \text{ kN/m}^1$$

belastingcombinaties wind

$q_k = 1,00 * 0,00 + 1,00 * 1 =$	0,94 kN/m ¹	(6.14a/b) SLS karakteristiek
$q_{ed,1} = 1,22 * 0 + 1,35 * 1 =$	1,27 kN/m ¹	(6.10a) ULS lange duur
$q_{ed,2} = 1,08 * 0 + 1,35 * 0,94 =$	1,27 kN/m ¹	(6.10b) ULS korte duur

belastingcombinaties bovenbelasting

$q_k = 1,00 * 0,36 + 1,00 * 1 =$	1,36 kN/m ¹	(6.14a/b) SLS karakteristiek
$q_{ed,1} = 1,22 * 0,36 + 1,35 * 0 =$	0,44 kN/m ¹	(6.10a) ULS lange duur
$q_{ed,2} = 1,08 * 0,36 + 1,35 * 1 =$	1,74 kN/m ¹	(6.10b) ULS korte duur

profiel: 45 x 145 h.o.h. 868,9662350605 mm

	Kwaliteit C18	gez. Naalddh.	klimateklasse: 1
$h =$	145 mm	$E_{0,mean} = 9000 \text{ N/mm}^2$	$W_{yel}: 1/6 * b h^2 = 49 \text{ E}^3 \text{ mm}^3$
$b =$	45 mm	$f_{m,k} = 18 \text{ N/mm}^2$	$I_y: 1/12 * b h^3 = 110 \text{ E}^4 \text{ mm}^4$
$A =$	6525 mm ²	$f_{v,k} = 3,4 \text{ N/mm}^2$	$W_z: 1/6 * b h^2 = 158 \text{ E}^3 \text{ mm}^3$
$g =$	2,02 kg/m ¹	$f_{t,0,k} = 11 \text{ N/mm}^2$	$I_y: 1/12 * b h^3 = 1143 \text{ E}^4 \text{ mm}^4$
$Y_m =$	1,30	$f_{c,0,k} = 18 \text{ N/mm}^2$	$k_{def} = 0,6$
$k_h = 1,27$	$k_{h,b} = 1,01$		

profiel incl. multiplex:	$W_y = 49 \text{ cm}^3$
Multiplex :	$I_y = 110 \text{ cm}^4$
aan beide zijden:	$A = 6525 \text{ mm}^2$

$f_{x;d}$	=	k_h	*	$k_{mod.}$	*	$f_{x;k}$	/	Y_m	=	(vlg 3.1.2 / tabel 3)
$f_{m;d}$	=	1,27	*	0,7	*	18	/	1,30	=	12,3 N/mm ² (lange duur)
$f_{m;d}$	=	1,27	*	0,9	*	18	/	1,30	=	15,9 N/mm ² (korte duur)
$f_{t;0;d}$	=	1,01	*	0,8	*	11	/	1,30	=	6,8 N/mm ² (korte duur)
$f_{c;d}$	=			0,7	*	18	/	1,30	=	9,7 N/mm ² (lange duur)
$f_{c;d}$	=			0,9	*	18	/	1,30	=	12,5 N/mm ² (lange duur)
$f_{v;d}$	=			0,9	*	3,4	/	1,30	=	2,35 N/mm ² (korte duur)
$E_{0;u;d}$	=			0,9	*	9000	/	1,30	=	6231 N/mm ³ (korte duur)
G_k	=			1	*	560	/	1	=	560 N/mm ⁴

belastingen:

N_{ed}	=	0,44 * 0,8689662350605	=	0,38 kN
e_y	=	4,5 mm	=	10% scheefstand
e_s	=	0 mm	=	0% (schijf)
$q_{Ed,y}$	=	1,27 kN/m ¹		

sterkte: $N'_{ed} * e'$

M _{ed,y,kop}	=	0,38 * 0	=	0,00 kNm		
M _{ed,y,midden}	=	1/8 * 1,27 * 0,8689662	=	0,12 kNm		
σ _{s,kop}	=	M / W	=	0 * 10 ³ / 49	=	0,00 < 15,9 N/mm ² OK
σ _{s,veld}	=	M / W	=	0,12 * 10 ³ / 49	=	2,44 < 15,9 N/mm ³ OK

doorsnede controle:

λ_y	=	868,9662350605 / 49 * $\sqrt{1/12}$	=	61,5
$\lambda_{rel,y}$	=	(61,5 / π) * $\sqrt{(18 / 6525)}$	=	1,03
k_y	=	0,5 * (1 + 0,2 * (1,03 - 0,3) + 1,03 ²)	=	1,10
$k_{c,y}$	=	1 / (1,1 + $\sqrt{(1,1^2 - 1,03^2)}$)	=	0,67

$\sigma_{c,0,d}$	=	F / A	=	0,38 * 10 ³ / 6525 =	0,06 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$	=	M / W	=	0,12 * 10 ³ / 49 =	2,44 N/mm ²

controle:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,06}{0,67 * 9,7} + \frac{2,44}{15,9} = 0,16 < 1,00 \text{ OK}$$

doorbuiging:

$\delta_{Qk;l}$	=	0,94 * 5/384 * 868,9662350605 ⁴ (9000 * 110*10 ⁴) =	0,70 mm	aanname scheefstand akkoord
	=	0,0007 * L < 0,004 * L		OK