



VDL DE MEEUW

STATISCHE BEREKENING

MX-21 1 bouwlaag

Kombi-21-accommodatie

Afm.: 3,07x6,14x3,60 m.

06 September 2017

Versie: MX212016 136HW3o

STATISCHE BEREKENING Max-21
Eén bouwlaag met betonvloer.

Mx-21 (2016) accommodatie
Afm.: 3.07*6.14*3.6
06 September 2017
MX212016 136HW3o 3D-versie

Inhoudsopgave

1. PROJECT	3
2. VOORSCHRIFTEN	3
3. REKENPROGRAMMA	3
4. PRODUCTOMSCHRIJVING	3
5. CONSTRUCTIEVE MATERIALEN	4
6. WINDGEBIED	4
7. KEUZE BELASTINGEN + GEWICHTSBEREKENING	4
8. MX-21 STAALCONSTRUCTIE INW. HOOGTE = 3.0 M.	5
9. DAK	6
10. VLOER 5,50 KN/M ²	11
11. 2-D SCHEMA	12
12. WATERACCUMMULATIE	15
13. CONTROLE KOLOM- LIGGERVERBINDING	16
14. COMPUTERUITDRAAI SCHEMA	17

1. Project

Betreffende Unitgebouw één bouwlaag met betonvloer.

2. Voorschriften

* EC 1,2,3,4,5 en 7 + N.B.

3. Rekenprogramma

SCIA Engineer van firma SCIA Nemetschek te Oosterbeek.
Versie 2016

4. Productomschrijving

De Max-21 wordt geproduceerd door "De Meeuw" uit Oirschot. Deze "unit" bestaat uit een driedimensionaal stalen frame, wat is opgebouwd uit vloerliggers, kolommen en dakliggers. De vloer wordt gedicht met beton. Het dak wordt gedicht met stalen liggers en houten dakplaten. De geveldichting vindt plaats middels houten wandpanelen. Deze produkten zijn aan en op elkaar te schakelen. De belastingen worden opgevangen door de 3-dimensionale constructie. De stabiliteit vindt plaats d.m.v. schakeling van de frames. De stabiliteit van het hoge bouwdeel is geschoord.

De bruto Max-21 afmetingen bedragen:

breedte = 3.069 m.

lengte = 6.140 m.

inw. hoogte = 3.00 m.

5. Constructieve materialen

<u>Onderdeel:</u>		klasse	A (cm ²)	I (cm ⁴)	W _p (cm ³)
Hoekkolommen	warmgewalste	1	35.3	236.3	47.2
1 ^e bouwlaag	koker 100*4				
Vloerligger	UNP 120	1	17.0	364.0	60.7
kopzijde					
Vloerligger	HEA 200	1	42.3	3600.0	300.0
langsijde					
Vloerligger	koudgewalst C	3	9.0	198.0	39.6
dwars	60*190*20*3				
Dakligger	Koudgewalst U	1	16.7	874.0	113.3
dwars	60*133*2				

6. Windgebied

Windgebied 3 onbebouwd

7. Keuze belastingen + gewichtsberekening

Gevolgklasse = CC2

Peg;rep => Permanente belasting (Eigen gewicht)
stalen vloer:

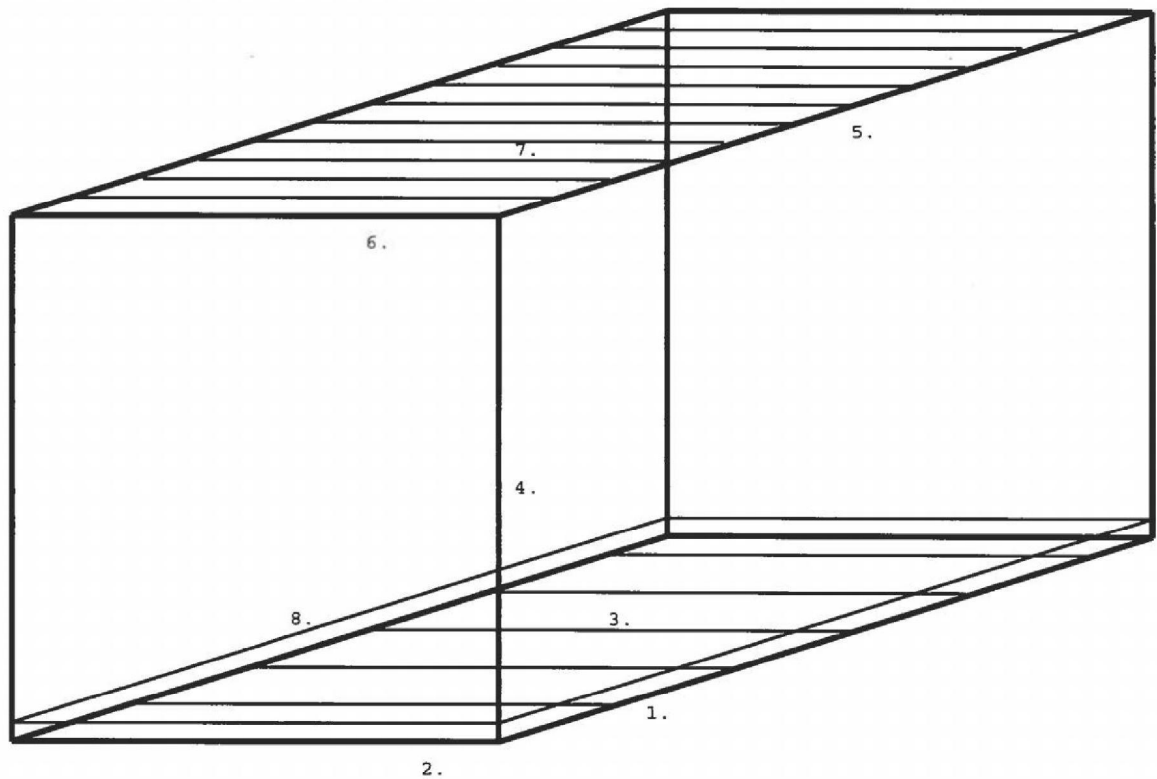
- * Vloer = 2.15 kN/m²
- * Wanden = 0.50 kN/m²
- * Dak = 0.70 kN/m²

Prep => Veranderlijke belasting

- * Vloer schoolfunctie = 3.00 + 0.50 = 3.50 kN/m²
- * Vloer kantine = 5.00 + 0.50 = 5.50 kN/m²
- * Dak op 10 m² = 1.00 kN/m²
- * Hoogte 3.64 - 0.30 meter, windgebied 3o = 0.49 kN/m²

8. MX-21 staalconstructie inw. hoogte = 3.0 m.

Voorbeeld van een MX-unit van 3.07*6.14 m.

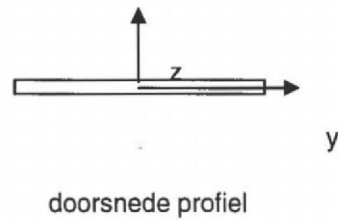


1. Warmgewalste balk HEA 200
2. Warmgewalste KGC 60*190*15*3
3. Koudgewalste KGC 60*190*15*3 mm
4. Warmgewalste koker 100*4 mm
5. Koudgewalste HEA 140 mm
6. Koudgewalste KGU 60*133*60*2 mm
7. Houten platen; 5 stuks
8. Vloer betonplaat 68 mm C20/25

9. Dak

Basisgegevens 2D constructie

Aantal knopen:	2
Aantal staven:	1
Aantal profielen:	1
Aantal materialen:	1
Aantal belastingsgevallen:	3



Profielen

nr:	breedte mm	dikte plaat mm	A_{pl} mm^2	$I_{y,pl}$ cm^4	$W_{y,pl}$ cm^3	overspan. mm
plaat	1000,0	15,0	15000,0	28,1	37,5	610

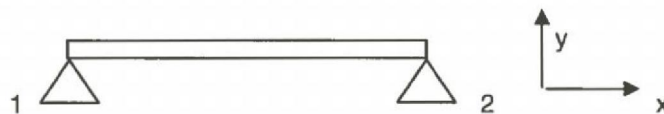
Materiaal

naam:	$f_{m;1;0;rep}$	ρ_{rep}	$f_{t;1;0;rep}$	$f_{c;1;0;rep}$	$f_{v;0;rep}$	$E_{0;ser;rep}$
O.S.B.3 vochtw 2	18,0	500	12,0	11,0	8,0	3500
naam:	$E_{o;u;1}$	$G_{p;d}$	$f_{m;L;90;d}$			
O.S.B.3 vochtw 2	1400	320	6,0			

Knopen

knoop	Z m	X m
1	0,000	0,000
2	0,000	0,610

Staven



staaf	knoop begin	knoop eind	Lengte m	profiel	profiel naam
1	1	2	0,61	1	plaat

Scharnieren

staaf	type	pos
0	fixfiz	begin

Opleggingen

oplegging	knoop	type vast
1	1	XZ

2	3	Z
---	---	---

vervolg houtberekening

MAVE-SOFT versie 2.06

Belastingsgevallen

BG	naam	omschrijving	mom. factor	tijdfactor
1	eigen gewicht	Permanent	1,00	1,00
2	veranderlijk	Variabel	1,00	1,00
3	puntlast	Variabel	0,00	1,00

Q = gelijkmatig verdeelde belasting

F = puntlast

Belastinggeval nr: **1** permanente belasting

staaf	type	dx	dx	richting	begin last	eind last
	F/Q	begin	eind	X/Z	kN/m	kN/m
1	Q	0,0	1,0	Z	globaal	0,090

Belastinggeval nr: **2** veranderlijke belasting

staaf	type	dx	dx	richting	begin last	eind last
	F/Q	begin	eind	X/Z	kN/m	kN/m
1	Q	0,0	1,0	Z	globaal	0,610

Belastinggeval nr: **3** veranderlijke puntlast

staaf	type	dx	dx	richting	last
	F/Q	begin	eind	X/Z	kN
1	F	0,0	1,0	Z	globaal

Combinaties:

Uiterste grenstoestand

Combinaties	omschrijving
1	$1,35 \cdot BG1$
2	$1,35 \cdot BG1 + 1,50 \cdot \gamma_m \cdot BG2$
3	$1,20 \cdot BG1 + 1,50 \cdot BG3$

Bruikbaarheidsgrenstoestand

Combinaties	omschrijving
1	$1,35 \cdot BG1$
2	$1,00 \cdot BG1 + 1,00 \cdot BG2$

Interne staafkrachten tgv. belastingcombinaties

staaf	dx m	BC	N kN	Vz kN	Mx kNm
1	0,000	1	0,00	0,04	0,00
		2	0,00	0,32	0,00
		3	0,00	0,60	0,00
	0,305	1	0,00	0,00	0,01
		2	0,00	0,00	0,05
		3	0,00	0,23	0,35
		1	0,00	0,00	0,01
		2	0,00	0,00	0,05
		3	0,00	-0,23	0,35

vervolg houtberekening

MAVE-SOFT versie 2.06

vervolg tabel:

staaf	dx m	BC	N kN	Vz kN	Mx kNm
	0,610	1	0,00	-0,04	0,00
		2	0,00	-0,32	0,00
		3	0,00	-0,60	0,00

Maximale staafkrachten

staaf	dx m	BC	N kN	Vz kN	Mx kNm
1	0,000	3	0,00	0,60	0,00
1	0,305	3	0,00	0,00	0,35

Gegevens tbv. spanningscontroles

$$\gamma_m = 1,20$$

Belastingsduurklasse : Klasse III (kort)

(9.3.2. tabel 3)

Klimaatklasse : klimaatklasse I

$$k_{mod} = 0,65$$

$$lengte = 610 \text{ mm}$$

$$E_{0;d} = 2917 \text{ N/mm}^2$$

Buigspanningscontrole van de plaat

$$f_{u;d} = f_{rep} / \gamma_m * k_{mod} = 18 / 1,2 * 0,65 =$$

$$9,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{u;0;d} = (M_d / W_b)$$

$$\sigma_{u;0;d} = 0,35 * 10^6 / 37,5 * 10^3 =$$

$$9,30 \text{ N/mm}^2$$

$$controle \Rightarrow 9,3 < 9,75$$

akkoord

Schuifspanningscontrole van de plaat

$$f_{v;r;d} = f_{rep} / \gamma_m * k_{mod} = 8 / 1,2 * 0,65 =$$

$$4,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{v;d} = (V_d / A) =$$

$$\sigma_{v;d} = (600 / 15000) =$$

$$\text{controle} \Rightarrow 0,04 < 4,33$$

$$0,04 \quad \text{N/mm}^2$$

akkoord

Doorbuigingscontrole NEN 6760:2001

Klimaatklasse : klimaatklasse I

$$k_{\text{mod}} = 1,00$$

$$\gamma_m = 1,00$$

$$\phi_{\text{krp};1} = 1,70$$

$$\text{lengte} = 610 \quad \text{mm}$$

$$E_{1;\text{ser};d} = E_{0;\text{ser};\text{rep}} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_m = 3500,0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$E_{1;\text{ser};d} = E_{0;\text{ser};\text{rep}} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_m \cdot \phi_{\text{krp};1} = 2058,8 \quad \text{N/mm}^2$$

vervolg houtberekening

MAVE-SOFT versie 2.06

Doorbuiging tijdsafhankelijke deel:

E-modulus t.b.v. tijdsafhankelijke deel:

$$Q = 1,0 \cdot Q_{\text{perm.bel.}} + 1,0 \cdot Q_{\text{verand.bel.}}$$

$$Q = 1,0 \cdot 0,09 + 1,0 \cdot 0,61 = 0,700 \text{ kN/m}$$

$$u_{\text{el}} = 0,00052 \cdot (Q \cdot L^4) / (E \cdot I) = 0,513 \text{ mm}$$

Doorbuiging tijdsafhankelijke deel:

E-modulus t.b.v. tijdsafhankelijke deel:

$$Q = 1,0 \cdot Q_{\text{perm.bel.}} + 1,0 \cdot 0,6 \cdot \gamma_m \cdot Q_{\text{verand.bel.}}$$

$$Q = 1,0 \cdot 0,09 + 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,61 = 0,456 \text{ kN/m}$$

$$u_{\text{kr}} = 0,00052 \cdot (Q \cdot L^4) / (EI) = 0,568 \text{ mm}$$

Doorbuiging totaal:

$$u_{\text{toelaatbaar}} = 2,44 \text{ mm}$$

$$u_{\text{tot}} = u_{\text{el}} + u_{\text{kr}}$$

$$u_{\text{-tot}} = 0,513 + 0,568 = 1,08 \text{ mm}$$

akkoord

10. Dak tussenbalkje

Staven



Profielen

nr:	breedte mm	hoogte mm	dikte mm	I_y cm^4	W_y cm^3	A cm^2	h.o.h. m	lengte m
KGU	60,0	133,0	2,0	138,8	20,9	4,98	0,610	2,789

Spanningscontrole

belasting bedraagt: $1,35 \cdot (0,09 + 0,05) + 1,5 \cdot 0,61 =$	1,10	kN/m	
$1/8 \cdot q \cdot l^2 = 1/8 \cdot 1,1 \cdot 2,789^2 \cdot 2,789 =$	1,07	kNm	
belasting bedraagt: $1,35 \cdot (0,09 + 0,05) =$	0,19	kN/m	
$1/8 \cdot q \cdot l^2 + 1/4 \cdot f \cdot l = 1/8 \cdot 0,19 \cdot 2,789^2 \cdot 2,789 + 1/4 \cdot 1,5 \cdot 2,789 =$	1,23	kNm	
grootste moment =	1,23	kNm	
spanning = $1230000 / 20860 =$	58,96	<	235 N/mm ² OK

Doorbuigingscontrole

belasting bedraagt: $1,0 \cdot (0,09 + 0,05) + 1,0 \cdot 0,61 =$	0,75	kN/m	
$5/385 \cdot q \cdot l^4 / E \cdot I = 5/384 \cdot 0,750 \cdot 2789^4 / 210000 \cdot 1387500 =$	2,03	mm	
toelaatbare doorbuiging bedraagt = $0,003 \cdot 2789 =$	8,37	mm	OK

10. Vloer 5,50 kN/m²

Spanningscontrole beton op vloer

vlgns EC 2

Deze berekening is opgezet volgens EC2

Geschikt voor meervelds (min. 3 velden) overspanning in combinatie met staal B500B

Relatieve vochtigheid = 60-85%

Technische gegevens

$P_{wand;rep} =$	0.50	kN/m ²		
$P_{rep-vloer} =$	5.00	kN/m ²	$F_{rep} =$	7.00 kN

staalconstructie:

Afstand tussenliggers:

Werkende breedte:

h.o.h. =	1.200	m	=	1200 mm
Lengte =	1.000	m		

Beton

Materiaal:

betonsterkteklasse

Volumieke massa

Volumiek gewicht

Dikte beton:

Betondekking

Afstand van hart net tot bovenzijde betonschil:

Afstand van hart net tot onderzijde betonschil:

Secants - Elasticiteitsmodulus:

Rekenwaarde druksterkte

	C25/30	
$\rho =$	2300	kg/m ³
$\gamma =$	23	kN/m ³
$h =$	0.068	m = 68.0 mm
$c_{nom} =$	0.028	m
$d =$	0.037	m = 37.0 mm
$d =$	0.031	m = 31.0 mm
$E_{cm} =$	31500	N/mm ²
$f_{cd} =$	16.7	N/mm ²
$f_{cm} =$	33.0	N/mm ²
$f_{ctm} =$	2.6	N/mm ²
$f_{ctk,0.05} =$	1.8	N/mm ²
$f'_{ck} =$	25	N/mm ²
$\gamma_m =$	1.4	
$\delta =$	1	(geen herverdeling)

Wapening enkel net

		dwars	hoofd	hoofd		dwars
$m_1 =$	6	150	150	188.50	mm ² /m	188.50 mm ² /m
Eigen gewicht staal:	2.959	kg/m ²		0.030	kN/m ²	
staalsoort:	B 500B					

 $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

$f_{yk} =$	500	N/mm ²
$f_{yd} =$	435	N/mm ²
$b =$	1000	mm

Eigenschappen

$G_{rep} = D \cdot \gamma + m_1 =$	
$G_{rep} = 0.068 \cdot 1 \cdot 23 + 0.03 =$	1.59 kN/m ²
$G_d = 1.35 \cdot G_{rep} =$	
$G_d = 1.35 \cdot 1.59 =$	2.15 kN/m ²
$Q_d = 1.5 \cdot P_{vloer} =$	
$Q_d = 1.5 \cdot 5.5 \cdot 1 =$	8.25 kN/m ²
$P = 1.5 \cdot 7 =$	10.5 kN
$G_{rep} + Q_d = 1.59 + 0.4 \cdot 5.5 =$	3.79 kN/m (quasi)

Wapeningscontrole/ gelijkmatig verdeelde belasting

Bepalen maximale veldmoment

$$M_{\text{veld}} = (0,080 \cdot Gd \cdot l^2) + (0,080 \cdot Qd \cdot l^2) =$$

$$M_{\text{veld}} = (0,080 \cdot 2.15 \cdot 1.2^2) + (0,080 \cdot 8.25 \cdot 1.2^2) = 1.198 \quad \text{kNm}$$

Bepalen wapening

$$K = M_d / (f_b \cdot b \cdot d^2) =$$

$$1198299 / (16.67 \cdot 1000 \cdot 37^2) = 0.053$$

$$K' = 0,51 \cdot \delta - 0,1244 \cdot \delta^2 - 0,2 = 0.1856 \quad (\delta = 1,0 \rightarrow 0\% \text{ herverdeling})$$

is $K < K' \Rightarrow$ OK geen druk wapening vereist

$$z = d / 2 \cdot (1 + \sqrt{1 - (28 \cdot K / 9)}) = 29.52 \text{ mm}$$

$$A_s = M_d \cdot 10^6 / f_{yd} \cdot z = 93.31 \text{ mm}^2$$

keuze net: 6*150 $A_{s,\text{net}} = 188.50 \text{ mm}^2/\text{m}$ OK

Controle minimumwapening (vlgs.art.9.2.1.1)

$$A_{s,\text{min}1} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk} = 50.02 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}1} > 0,0013 \cdot b \cdot d = 48.10 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}1} = 50.02 \text{ mm}^2 < A_s$$

$$A_{s,\text{min}2} = 1,25 \cdot A_s = 116.64 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 50.02 \text{ mm}^2 < A_s$$

OK

Controle maximum wapening (vlgs.art.9.3.1.1)

$$A_c = b \cdot h = 68000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{max}} = 0,04 \cdot A_c = 2720 \text{ mm}^2 > A_s$$

OK

Toepassen wapening

$$A_{s,\text{toe}} = \text{keuze net: } 6 \cdot 150 \quad A_{s,\text{net}} = 188,5 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Bepalen maximale oplegmoment

$$M_{\text{oplegging}} = (0,100 \cdot Gd \cdot l^2) + (0,100 \cdot Qd \cdot l^2) =$$

$$M_{\text{oplegging}} = (0,100 \cdot 2.15 \cdot 1.2^2) + (0,100 \cdot 8.25 \cdot 1.2^2) = 1.498 \quad \text{kNm}$$

Bepalen wapening

$$K = M_d / (f_b \cdot b \cdot d^2) =$$

$$1497874 / (16.67 \cdot 1000 \cdot 31^2) = 0.094$$

$$K' = 0,51 \cdot \delta - 0,1244 \cdot \delta^2 - 0,2 = 0.1856 \quad (\delta = 1,0 \rightarrow 0\% \text{ herverdeling})$$

is $K < K' \Rightarrow$ OK geen druk wapening vereist

$$z = d / 2 \cdot (1 + \sqrt{1 - (28 \cdot K / 9)}) = 22.64 \text{ mm}$$

$$A_s = M_d \cdot 10^6 / f_{yd} \cdot z = 152.09 \text{ mm}^2$$

keuze net: 6*150 $A_{s,\text{net}} = 188.50 \text{ mm}^2/\text{m}$ OK

Controle minimumwapening (vlgs.art.9.2.1.1)

$A_{s,min1} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} =$	41.91	mm ²
$A_{s,min1} > 0,0013 \cdot b_t \cdot d =$	40.30	mm ²
$A_{s,min1} =$	41.91	mm ² < A_s
$A_{s,min2} = 1,25 \cdot A_s =$	190.11	mm ²
$A_{s,min} =$	41.91	mm ² < A_s

OK

Controle maximum wapening (vlgs.art.9.3.1.1)

$A_c = b \cdot h =$	68000	mm ²
$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c =$	2720	mm ² > A_s

OK

Toepassen wapening

$A_{s,toe} =$ keuze net: 6*150 $A_{s,net} = 188,5 \text{ mm}^2/\text{m}$

Wapeningscontrole/ Geconcentreerde last

Bepalen veldmoment

$$M_{\text{veld}} = (0,080 \cdot Gd \cdot l^2) + (0,175 \cdot Fd \cdot l) =$$

$$M_{\text{veld}} = (0,080 \cdot 2.15 \cdot 1.2^2) + (0,175 \cdot 10.5 \cdot 1.2) =$$

2.453 kNm

Bepalen wapening

$$K = M_d / (f_b \cdot b \cdot d^2) =$$

$$2452899 / (16.67 \cdot 1000 \cdot 37^2) =$$

0.107

$$K' = 0,51 \cdot \delta - 0,1244 \cdot \delta^2 - 0,2 =$$

0.1856 ($\delta = 1,0 \rightarrow 0\%$ herverdeling)is $K < K' \Rightarrow$

OK geen druk wapening vereist

$$z = d/2 \cdot (1 + \sqrt{1 - 28 \cdot K/9}) =$$

33.59 mm

$$A_s = M_d \cdot 10^6 / f_{yd} \cdot z =$$

167.86 mm²

keuze net: 6*150

$$A_{s,\text{net}} = 188.50 \text{ mm}^2/\text{m}$$

OK

Controle minimumwapening (vlgs.art.9.2.1.1)

$$A_{s,\text{min}1} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_l \cdot d / f_{yk} =$$

50.02 mm²

$$A_{s,\text{min}1} > 0,0013 \cdot b_l \cdot d =$$

48.10 mm²

$$A_{s,\text{min}1} =$$

50.02 mm² < A_s

$$A_{s,\text{min}2} = 1,25 \cdot A_s =$$

209.82 mm²

$$A_{s,\text{min}} =$$

50.02 mm² < A_s

OK

Controle maximum wapening (vlgs.art.9.2.1.1)

$$A_c = b \cdot h =$$

68000 mm²

$$A_{s,\text{max}} = 0,04 \cdot A_c =$$

2720 mm² > A_s

OK

Toepassen wapening

$$A_{s,\text{toe}} = \text{keuze net: } 6 \cdot 150 \quad A_{s,\text{net}} = 188,5 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Bepalen maximale oplegmoment

$$M_{\text{veld}} = (0,100 \cdot Gd \cdot l^2) + (0,150 \cdot Fd \cdot l) =$$

$$M_{\text{veld}} = (0,100 \cdot 2.15 \cdot 1.2^2) + (0,150 \cdot 10.5 \cdot 1.2) =$$

2.200 kNm

Bepalen wapening

$$K = M_d / (f_b \cdot b \cdot d^2) =$$

$$2199874 / (16.67 \cdot 1000 \cdot 31^2) =$$

0.137

$$K' = 0,51 \cdot \delta - 0,1244 \cdot \delta^2 - 0,2 =$$

0.1856 ($\delta = 1,0 \rightarrow 0\%$ herverdeling)is $K < K' \Rightarrow$

OK geen druk wapening vereist

$$z = d/2 \cdot (1 + \sqrt{1 - 28 \cdot K/9}) =$$

27.23 mm

$$A_s = M_d \cdot 10^6 / f_{yd} \cdot z =$$

185.72 mm²

keuze net: 6*150

$$A_{s,\text{net}} = 188.50 \text{ mm}^2/\text{m}$$

OK

Controle minimumwapening (vigs.art.9.2.1.1)

$A_{s,min1} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} =$	41.91	mm ²
$A_{s,min1} > 0,0013 \cdot b_t \cdot d =$	40.30	mm ²
$A_{s,min1} =$	41.91	mm ² < A_s
$A_{s,min2} = 1,25 \cdot A_s =$	232.15	mm ²
$A_{s,min} =$	<u>41.91</u>	mm ² < A_s

OK

Controle maximum wapening (vigs.art.9.2.1.1)

$A_c = b \cdot h =$	68000	mm ²
$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c =$	2720	mm ² > A_s

OK

Toepassen wapening

$A_{s,toe} =$ keuze net: 6*150 $A_{s,net} = 188,5 \text{ mm}^2/\text{m}$

Pons t.g.v. geconcentreerde last (vlgs.art.6.4)

$$\begin{aligned} d_{\text{eff}} &= (d_y + d_z)/2 = & 34 \text{ mm} \\ d_x &= hc - 0,5 \cdot \phi_{h,x} = & 37 \text{ mm} \\ d_y &= hc - \phi_{h,y} - 0,5 \cdot \phi_{h,y} = & 31 \text{ mm} \end{aligned}$$

Controle schuifspanning direct naast de kolom (vlgs. Art.6.4.3)

$$\begin{aligned} c_1 &= 150 \text{ mm} \\ c_2 &= 150 \text{ mm} \\ u_0 &= 2 \cdot c_1 + 2 \cdot c_2 = 600 \text{ mm} \\ u_1 &= \pi \cdot 2 \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} + u_0 = 1027.04 \text{ mm} \\ \beta &= 1.15 \\ V_{rd, \text{max}} &= (0,5 \cdot 0,6 \cdot (1 - (f_{ck}/250) \cdot f_{ck})/1,5 = 4.5 \text{ N/mm}^2 \\ V_{ed, \text{max}} &= \beta \cdot V_{ed}/(u_0 \cdot d_{\text{eff}}) = 0.59 \text{ N/mm}^2 < V_{Rd, \text{max}} \end{aligned}$$

OK

Doorbuiging

Bepalen van de kruipcoëfficiënt (B1 bijlage B, NEN-EN1992-1-1+C12/NB)

$$\varphi(\infty, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(\infty, t_0) = 2.345 \quad (\text{B.1})$$

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) = 2.36 \quad (\text{B.2})$$

$\varphi_{RH} = 1 + (1 - RH/100)/0,1 \cdot 3 \sqrt{h_0} \rightarrow f_{cm} < 35 \text{ N/mm}^2 =$	1.65	(B3.a)
$\varphi_{RH} = 1 + ((1 - RH/100)/0,1 \cdot 3 \sqrt{h_0}) \cdot a_1 \cdot a_2 \rightarrow f_{cm} > 35 \text{ N/mm}^2 =$	1.70	(B.3b)
$a_1 = (35/f_{cm})^{0,7} =$	1.04	
$a_2 = (35/f_{cm})^{0,2} =$	1.01	
$a_3 = (35/f_{cm})^{0,5} =$	1.03	
$h_0 = (2 \cdot A_c)/u =$	56.60 mm	
$RH = \text{relative vochtigheid}$	75 %	
$t_0 =$	28 dagen	
$t =$	18250 dagen (50 jaar)	
$\beta(f_{cm}) = (16,8/\sqrt{f_{cm}}) =$	2.92	(B.4)
$\beta(t_0) = 1/(0,1 + (28^{0,2})) =$	0.49	(B.5)

$\beta_c(t, t_0) = ((t - t_0)/\beta_H + (t - t_0))^{0,3} =$	0.99	(B.7)
$\beta_H = 1,5 \cdot (1 + (0,012 \cdot RH)^{18} \cdot h_0 + 250) =$	347.64954	$f_{cm} < 35$
$\beta_H = 1,5 \cdot ((1 + (0,012 \cdot RH)^{18}) \cdot h_0 + 250) \cdot a_3 =$	400.44037	$f_{cm} > 35$

Effectieve elasticiteitsmodulus van beton

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0)) = 9416.37 \text{ N/mm}^2$$

Effectieve modulair ratio, m

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff} = 21.24$$

Scheurmoment M_{cr}

$$W = 1/6 * 1000 * 68^2 = 770666.7$$

$$M_{cr} = W * f_{ctm} = 770666.67 * 2.6 = 2003733.3 \text{ Nmm} = 2 \text{ kNm}$$

Drukzonehoogte in het gescheurde stadium

$$x = (-\alpha_e * \rho + \sqrt{(\alpha_e * \rho)^2 + 2 * \alpha_e * \rho}) * d$$

$$\rho = A_s / (b * d) = 0.0051$$

$$\alpha_e * \rho = 0.108$$

$$x/d = 0.369$$

$$x = 13.67 \text{ mm} \quad (\text{de drukzonehoogte in het gescheurde stadium})$$

Kromming in het ongescheurde stadium (subscript I)

$$k_I = (M_{eqp} / (EI))_I$$

$$k_{II} = M / (EI)_{II}$$

$$(EI)_I = E_{c,eff} * 1/12 * b * h^3 = 246733884814.4 \text{ N/mm}^2$$

$$(EI)_{II} = E_{c,eff} * ((1/12 * b * x^3) + (b * x * (1/2 * x)^2) + (\alpha_e * A_s * (d - x)^2)) = 28537236368.5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{eqp} = (0.125 * 3.79 * 1.2^2) = 0.68 \text{ kNm} = 682920 \text{ Nmm}$$

$$\kappa_I = (M_{eqp} / (EI))_I = 0.00000277 \text{ mm}^{-1}$$

$$\kappa_{II} = (M_{eqp} / (EI))_{II} = 0.00002393 \text{ mm}^{-1}$$

De verdelingsfactor die rekening houdt met de tension stiffening in de doorsnede

$$\zeta = 1 - \beta * (M_{cr} / M_{eqp})^2 = 3.30$$

De kromming ten gevolge van de uitwendige belasting M_{eqp} is:

$$\kappa_{qp} = \zeta * \kappa_{II} + (1 - \zeta) * \kappa_I = 7.26983E-05 \text{ mm}^{-1}$$

$$\kappa_{cs} = 1/r_{cs} = \epsilon_{cs} * \alpha_e * (S/I) =$$

Bepalen van lineaire oppervlakmoment en kwadratische oppervlaktemoment (ongescheurde stadium en gescheurde stadium)

$$S_I = A_s (d - 0,5 \cdot h)$$

ongescheurde stadium

$$I_I = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$S_{II} = A_s \cdot (d - x)$$

$$I_{II} = 1/12 \cdot (b \cdot x^3) + (b \cdot x) \cdot (0,5 \cdot x)^2 + (A_s \cdot (d - x)^2)$$

gescheurde stadium

Met

$A_s =$	188.50	N/mm ²
$d =$	37	mm
$h =$	68	mm
$b =$	1000	mm
$x =$	13.67	mm
$\epsilon_{cs} =$	0.000415	
$\alpha_e =$	21.24	

$$S_I = 565.50 \text{ mm}^3$$

$$S_{II} = 4398.04 \text{ mm}^3$$

$$I_I = 26202666.67 \text{ mm}^4$$

$$I_{II} = 3030651.24 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_{cs,I} = 1/r_{cs,I} = \epsilon_{cs} \cdot \alpha_e \cdot (S_I / I_I) = 0.000458 \cdot \epsilon_{cs}$$

$$\kappa_{cs,II} = 1/r_{cs,II} = \epsilon_{cs} \cdot \alpha_e \cdot (S_{II} / I_{II}) = 0.030823 \cdot \epsilon_{cs}$$

$$\kappa_{cs} = \zeta \cdot \kappa_{cs,II} + (1 - \zeta) \cdot \kappa_{cs,I} = 0.100793223 \cdot \epsilon_{cs}$$

$$\kappa_{cs} = 4.18292 \text{E-}05 \text{ mm}^{-1}$$

$$\kappa_{tot} = \kappa_{qp} + \kappa_{cs} = 1.15 \text{E-}04 \text{ mm}^{-1}$$

als $M_{eqp} < M_{cr}$:

$$u = (5/48) \cdot \kappa_{max} \cdot l^2 = 0.415 \text{ mm} \quad (\text{elastisch})$$

als $M_{eqp} > M_{cr}$:

$$u = (5/48) \cdot \kappa_{max} \cdot l^2 = \text{n.v.t.} \text{ mm} \quad (\text{gescheurd})$$

$$\text{Doorbuigingseis} = 1/300 \cdot l = 4.00 \text{ mm}$$

11. 2-D schema

Belasting aanname:

* Peg;rep vloer = 2.15 kN/m²
* Peg;rep dak = 0.70 kN/m²
* Qrep wanden = 0.50 kN/m²
* Prep vloer = 3.50/5.50 kN/m²
* Prep sneeuw = 0.8*0.7 = 0.56 kN/m²
* Prep wateracc. = 1.37 - 1.96 kN/m
Verdeling vloerbelastingen via lineaire-methode
Verdeling dakbelasting via lineaire-methode

Belastinggeval 1 (Permanente belasting)

Vloer: 2.15 kN/m²

Tussenbalk => $1.22 \cdot 2.15 = 2.63$ kN/m

Kopbalk => $1.22/2 \cdot 2.15 = 1.31$ kN/m

Dak: 0.70 kN/m²

Langsbalk => $3.07/2 \cdot 0.70 = 1.07$ kN/m

Kopbalk => $0.61/2 \cdot 0.70 = 0.21$ kN/m

Belastinggeval 2 (Veranderlijke belasting vloer)

Vloer: 5.0+0.5 = 5.5 kN/m²

Tussenbalk => $1.22 \cdot 5.5 = 6.71$ kN/m

Kopbalk => $1.22/2 \cdot 5.5 = 3.36$ kN/m

Belastinggeval 3 (Veranderlijke belasting, dak)

Dak: 1.0 kN/m² op 10 m²

Langsbalk => $1.0 = 0.98$ kN/m

Kopbalk => $1.22/2 \cdot 1.0 = 0.49$ kN/m

Belastinggeval 4 (Veranderlijke belasting, sneeuw)

Sneeuw: 0.70 kN/m²

Langsbalk => $3.07/2 \cdot 0.8 \cdot 0.7 = 0.86$ kN/m

Kopbalk => $0.61/2 \cdot 0.8 \cdot 0.7 = 0.17$ kN/m

Belastinggeval 5 (Veranderlijke belasting, wateraccumulatie)

Water: 1.37 - 1.96 kN/m²

Langsbalk => $1.37 - 1.96$ kN/m

Windbelasting:

Hoogte gebouw bedraagt $3.64 - 0.30 = 3.34$ meter. Wind gebied W30. Extreme waarde van stuwdruk $P_w = 0.49$ kN/m²

De windlasten worden per knooppunt berekend.

De units zijn via koppelstukken met elkaar geschakeld t.p.v. de knooppunten. De units zijn onderling even stijf. Dus de windbelasting wordt gelijkmatig over het totaal aantal units verdeeld.

Het gebouw is rechthoekig in lay-out dus de waarden zijn in beide richtingen niet gelijk. Afmeting 9.53*9.53*3.34 meter.

$$e = b \text{ of } 2 \cdot h$$

$$e = 9.53 \text{ of } 2 \cdot 3.34 = 6.68 \text{ m (kleinste van de 2 waarden)}$$

$$e = 6.68 \text{ m}$$

$$e/2 = 3.34 \text{ m}$$

$$e/4 = 1.67 \text{ m}$$

$$e/10 = 0.67 \text{ m}$$

Belastinggeval 6 (Wind in X-richting)

Windoppervlak per Unit bedraagt breedte/2 * hoogte/2 van een unit per knoop. Het aantal units achter elkaar bedraagt voor dit project gemiddeld 1.5.

$$\text{Windoppervlak in lengterichting} = 3.07/2 \text{ m}$$

$$\text{Windoppervlak in hoogterichting} = 3.64/2 \text{ m}$$

$$\text{stuw} = 0.8 \cdot p_w \cdot B_{\text{unit}} \cdot (H_{\text{unit}}/2) / \text{aantal units}$$

$$\text{stuw} = 0.8 \cdot 0.49 \cdot (3.07/2) \cdot (3.64/2) / 1.5 \text{ units} = 0.73 \text{ kN}$$

$$\text{zuig} = 0.5 \cdot p_w \cdot B_{\text{unit}} \cdot (H_{\text{unit}}/2) / \text{aantal units}$$

$$\text{zuig} = 0.5 \cdot 0.49 \cdot (3.07/2) \cdot (3.64/2) / 1.5 \text{ units} = 0.46 \text{ kN}$$

Windzuiging op het dakvlak in X-richting:

Langsbalken

$$F_{\text{zone}} = -1.8 \cdot 0.49 \cdot 3.07/2 = -1.35 \text{ kN/m}$$

$$G_{\text{zone}} = -1.2 \cdot 0.49 \cdot 3.07/2 = -0.90 \text{ kN/m}$$

$$H_{\text{zone}} = -0.7 \cdot 0.49 \cdot 3.07/2 = -0.53 \text{ kN/m}$$

$$I_{\text{zone}} = +/- 0.2 \cdot 0.49 \cdot 3.07/2 = +/- 0.15 \text{ kN/m}$$

Belastinggeval 7 (Wind in Y-richting)

$$e = b = \text{of } 2 \cdot h$$

$$e = 9.53 \text{ of } 2 \cdot 3.34 = 6.68 \text{ m (kleinste van de 2 waarden)}$$

$$e = 6.68 \text{ m}$$

$$e/4 = 1.67 \text{ m}$$

$$e/10 = 0.67 \text{ m}$$

Windoppervlak per Unit bedraagt breedte/2 * hoogte/2 van een unit per knoop. Het aantal units achter elkaar bedraagt voor dit project minimaal 3.

$$\text{Windoppervlak in lengterichting} = 6.14/2 \text{ m}$$

$$\text{Windoppervlak in hoogterichting} = 3.64/2 \text{ m}$$

$$\text{stuw} = 0.8 \cdot p_w \cdot B_{\text{unit}} \cdot (H_{\text{unit}}/2) / \text{aantal units}$$

$$\text{stuw} = 0.8 \cdot 0.49 \cdot (6.14/2) \cdot (3.64/2) / 3 \text{ units} = 0.73 \text{ kN}$$

$$\text{zuig} = 0.5 \cdot p_w \cdot B_{\text{unit}} \cdot (H_{\text{unit}}/2) / \text{aantal units}$$

$$\text{zuig} = 0.5 \cdot 0.49 \cdot (6.14/2) \cdot (3.64/2) / 3 \text{ units} = 0.46 \text{ kN}$$

Windzuiging op het dakvlak in Y-richting:

Langsbalken

$$F_{zone} = -1.8 * 0.49 * 3.07 / 2 = -1.35 \text{ kN/m}$$

$$G_{zone} = -1.2 * 0.49 * 3.07 / 2 = -0.90 \text{ kN/m}$$

$$H_{zone} = -0.7 * 0.49 * 3.07 / 2 = -0.53 \text{ kN/m}$$

$$I_{zone} = +/- 0.2 * 0.49 * 3.07 / 2 = -0.15 \text{ kN/m}$$

13. Boutverbinding

Controle boutverbinding vloer- dakbalk/kolom

Maximale belasting op één boutverbinding:

$$(1.2 * \text{Perm. bel.} + 1.5 * \text{Verand. bel.}) / 4$$

oppervlak = $3.069 * 6.14$ meter.

$$(1.2 * (1.5 + 0.5) + 1.5 * 2.5) * (3.069 * 6.14) / 4 = 29.0 \text{ kN}$$

Toegepaste bouten kwaliteit 8.8 afmeting M20

$$f_{y;b;rep} = 640 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s = 314 \text{ mm}^2$$

$$A_{b;s} = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{t;b;rep} = 800 \text{ N/mm}^2$$

Er wordt een gerolde draad toegepast.

$$\alpha_{red;2} = 1.00$$

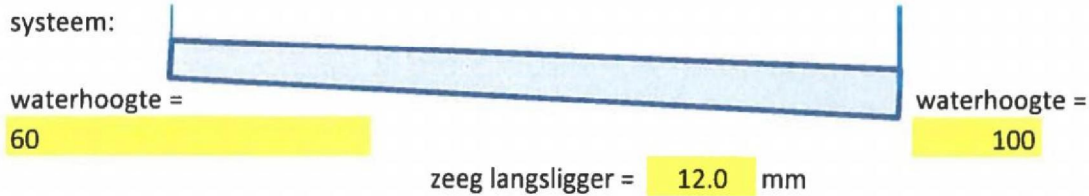
$$F_{v;u;d} = \frac{0.6 * 1.00 * 800 * 245}{1.25} = 94080 \text{ N}$$

$$29.0 < 94.08 \text{ kN}$$

12. Wateraccumulatie

Zie bijlage

Wateraccumulatie Mx 21



Tussenligger t.p.v. midden	L	=	2970 mm
	h.o.h.	=	0.610 m
<i>Scharnierend opgelegd</i>	eigen gewicht	=	0.397 kN/m ¹
	q tgv waterbel.	=	0.488 kN/m ¹
	E	=	210000 N/mm ²
	I	=	1387521 mm ⁴
	γ_m	=	1.1 (vlgs NPR 6703)
	$I_{\text{eff}} = 1387521 / 1,1$	=	1261382.7 mm ⁴

Langsligger	L	=	7270 mm
<i>Ingeklemd</i>	eigen gewicht	=	0.99 kN/m ¹
	ql tgv waterbel.	=	0.891 kN/m ¹
	qr tgv waterbel.	=	1.485 kN/m ¹
	I	=	10300000 mm ⁴
	$I_{\text{eff}} = 10300000 / 1,1$	=	9363636.4 mm ⁴

basis

<i>belasting tussenligger</i>	$\Rightarrow 0,397 + 0,488$	=	0.885 kN/m ¹
<i>doorbuiging tussenligger</i>	$\Rightarrow (5qL^4)/(384EI)$	=	3.3849 mm
<i>belasting langsligger E.G.</i>	$\Rightarrow 0,99$	=	0.990 kN/m ¹
<i>doorbuiging langsl. E.G.</i>	$\Rightarrow (qL^4)/(384EI)$	=	3.6625 mm
<i>belasting langsligger water</i>	zie boven		
<i>doorbuiging tgv. water</i>	$\Rightarrow 5(q_1+q_2)L^4/(768EI)$	=	21.9750 mm
<i>doorbuiging - zeeg</i>	21,975 - 12	=	9.9750 mm

Iteratie 1

tussenligger			
<i>nieuwe belasting</i>	$\Rightarrow 0,885 + 0,0206$	=	0.9056 kN/m ¹
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow (5qL^4)/(384EI)$	=	3.4640 mm
langsligger			
<i>nieuwe belasting ql</i>	$\Rightarrow 0,891+0,054+0,148$	=	1.0935 kN/m ¹
<i>nieuwe belasting qr</i>	$\Rightarrow 1,485+0,054+0,148$	=	1.6875 kN/m ¹
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow 5(q_1+q_2)L^4/(768EI)$	=	25.7207 mm
<i>doorbuiging - zeeg</i>	25,7207 - 12	=	13.7207 mm

Iteratie 2

tussenligger

<i>nieuwe belasting</i>	$\Rightarrow 0,885 + 0,0211$	=	0.9061 kN/m ¹	< 1 %
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow (5qL^4)/(384EI)$	=	3.4656 mm	
langsligger				
<i>nieuwe belasting ql</i>	$\Rightarrow 1,0935 + 0,2038$	=	1.2973 kN/m ¹	
<i>nieuwe belasting qr</i>	$\Rightarrow 1,6875 + 0,2038$	=	1.8913 kN/m ¹	
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow 5(q_1+q_2)L^4/(768EI)$	=	29.4905 mm	
<i>doorbuiging - zeeg</i>	29,4905 - 12	=	17.4905 mm	

Iteratie 3

tussenligger

<i>nieuwe belasting</i>	$\Rightarrow 0,885 + 0,0211$	=	0.9061 kN/m ¹	< 1 %
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow (5qL^4)/(384EI)$	=	3.4656 mm	
langsligger				
<i>nieuwe belasting ql</i>	$\Rightarrow 1,0935 + 0,2597$	=	1.3532 kN/m ¹	
<i>nieuwe belasting qr</i>	$\Rightarrow 1,6875 + 0,2597$	=	1.9472 kN/m ¹	
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow 5(q_1+q_2)L^4/(768EI)$	=	30.5245 mm	
<i>doorbuiging - zeeg</i>	30,5245 - 12	=	18.5245 mm	

Iteratie 4

tussenligger

<i>nieuwe belasting</i>	$\Rightarrow 0,885 + 0,0211$	=	0.9061 kN/m ¹	< 1 %
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow (5qL^4)/(384EI)$	=	3.4656 mm	
langsligger				
<i>nieuwe belasting ql</i>	$\Rightarrow 1,0935 + 0,2751$	=	1.3686 kN/m ¹	
<i>nieuwe belasting qr</i>	$\Rightarrow 1,6875 + 0,2751$	=	1.9626 kN/m ¹	< 1 %
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow 5(q_1+q_2)L^4/(768EI)$	=	30.8094 mm	
<i>doorbuiging - zeeg</i>	30,8094 - 12	=	18.8094 mm	

Iteratie 5

tussenligger

<i>nieuwe belasting</i>	$\Rightarrow 0,885 + 0,0211$	=	0.9061 kN/m ¹	< 1 %
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow (5qL^4)/(384EI)$	=	3.4656 mm	
langsligger				
<i>nieuwe belasting ql</i>	$\Rightarrow 1,0935 + 0,2751$	=	1.3686 kN/m ¹	< 1 %
<i>nieuwe belasting qr</i>	$\Rightarrow 1,6875 + 0,2751$	=	1.9626 kN/m ¹	< 1 %
<i>doorbuiging</i>	$\Rightarrow 5(q_1+q_2)L^4/(768EI)$	=	30.8094 mm	
<i>doorbuiging - zeeg</i>	30,8094 - 12	=	18.8094 mm	

De toename van de doorbuiging is dermate klein dat de belasting niet meer toeneemt.
In werkelijkheid zal de doorbuiging van de langsbalk resulteren in het overlopen van
het dak naar het naastgelegen dak.

Voor de spanningscontrole van het profiel is de waterbelasting in het model ingevoerd.

13. Controle kolom- liggerverbinding

Standaard aansluitingen voor bevestigingen in het frame.

14. Computeruitdraai schema