



# THEORETISCHE ACHTERGROND

DATUM: 07/02/2014

Projectnr.

BB-ENGIN	13/79
----------	-------

**Project:** Voorgespannen kanaalplaten

**Opdrachtgever:** G&J Industries

**Bouwplaats:** -

**Omschrijving:** Ontwerpberekening voorgespannen kanaalplaten  
NBN-EN1992 (Eurocode 2)  
NBN-EN 1168 - Kanaalplaten

0	07/02/2014	1 <sup>ste</sup> uitgave
Versie	Datum	Omschrijving

**BB-Engin Comm.V.**

ing. Brecht Beirinckx

Esdoornstraat 5

B-2260 Westerlo

G: +32(0) 478 299 666

E: info@bb-engin.be

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Algemeenheden</b>	<b>3</b>
1.1	Projectgegevens	3
1.2	Normen en voorschriften	3
1.3	Materialen	4
1.4	Basisgegevens	5
1.5	Belastingen	7
1.6	Ontwerpparameters	7
<b>2</b>	<b>Materialen</b>	<b>8</b>
2.1	Beton volgens EN206-1	8
2.3	Betonstaal volgens EN 10080	10
2.4	Voorspanstaal volgens EN 10038	11
<b>3</b>	<b>Kanaalplaat</b>	<b>12</b>
3.1	Doorsnede	12
3.2	Voorspanwapening	15
<b>4</b>	<b>Analyse</b>	<b>16</b>
4.1	Effectieve doorsnede	16
4.2	Tijdsafhankelijke effecten	17
4.3	Controle uiterste grenstoestand	18
4.4	Controle gebruiksgrenstoestand	18
<b>5</b>	<b>Opstelling overspanningstabellen</b>	<b>19</b>
5.1	Aannamen	19
<b>6</b>	<b>BIJLAGE A – Wapeningspatronen</b>	<b>20</b>
6.1	Algemeen	20
6.2	Brandweerstand R = 60 minuten	21
6.3	Brandweerstand R = 90 minuten	27

## 1 Algemeenheden

### 1.1 Projectgegevens

Project:	<b>Ontwerpberekening voorgespannen kanaalplaten volgens Eurocode 2 en NBN-EN1168</b> <b>Geografisch gebied: België</b>
Opdrachtgever:	<b>G&amp;J Industries Nv.</b> Heesterveldweg 3700 Tongeren

⇒ Dit document bevat de ontwerpberekening van voorgespannen kanaalplaten.

⇒ De berekeningen zijn enkel geldig voor de in dit document beschreven randvoorwaarden.

### 1.2 Normen en voorschriften

#### 1.2.1 Eurocode 0: Veiligheidsconcept

- NBN-EN1990: Grondslagen voor constructief ontwerp

#### 1.2.2 Eurocode 1: Algemene belastingen

- NBN-EN1991-1-1: Vol. gewichten, eigengewicht, opgelegde belastingen

#### 1.2.3 Eurocode 2: Betonconstructies

- NBN-EN1992-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
- NBN-EN1992-1-2: Ontwerp en berekening van constructies bij brand

#### 1.2.4 Materialen: beton/staal

- EN206-1: Specificaties, eigenschappen en conformiteit
- EN10080: Staal voor het wapenen van beton
- EN10138: Voorspanstaal

#### 1.2.5 Betonnen voorafvervaardigde producten

- EN13369: Algemene bepalingen voor vooraf vervaardigde betonproducten
- NBN B21-600: Nationale (Belgische) aanvulling bij EN13369
- EN1168 : Geprefabriceerde betonproducten - Kanaalplaatvloeren
- NBN B21-605: Nationale (Belgische) aanvulling bij EN1168

## 1.3 Materialen

**Beton** volgens EN 206-1:

Klasse	Druksterkte	Treksterkte	E-Modulus	Rekgrens	Rek max. $f_c$
	$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ctk,0.05}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_{cm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{cu}$ (‰)	$\epsilon_c$ (‰)
C25/30	25	1.8	31 500	3.50	2.00
C30/37	30	2.0	29 700	3.50	2.00
C40/50	40	2.5	31 500	3.50	2.00

- C30/37 → ter plaatse gestort beton → druklaag  
 C30/37 → prefab balken (op moment van voorspanning)  
 C40/50 → voorgespannen kanaalplaten

**Betonstaal** volgens EN 10080:

Klasse	Vloei-grens	Treksterkte	E-Modulus	Rekgrens
	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{ud}$ (‰)
B500B	500	540	200 000	10.0

Toepassing in druklaag:

- Druklaag 40 mm → min. wapeningsnet Ø5-150/Ø5-150 ( $A_s \geq 130$  N/mm<sup>2</sup>/m)  
 Druklaag 50 mm → min. wapeningsnet Ø5-150/Ø5-150 ( $A_s \geq 130$  N/mm<sup>2</sup>/m)  
 Druklaag 60 mm → min. wapeningsnet Ø6-150/Ø6-150 ( $A_s \geq 188$  N/mm<sup>2</sup>/m)

**Voorspanstaal** volgens EN 10038:

Klasse	Vloei-grens	Treksterkte	E-Modulus	Rekgrens
	$f_{p0.1k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{pk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{ud}$ (‰)
Y1860	1760	1860	195 000	20
Y1960	1760	1960	195 000	20
Y2060	1830	2060	195 000	20

Toepassing in voorgespannen kanaalplaten

## 1.4 Basisgegevens

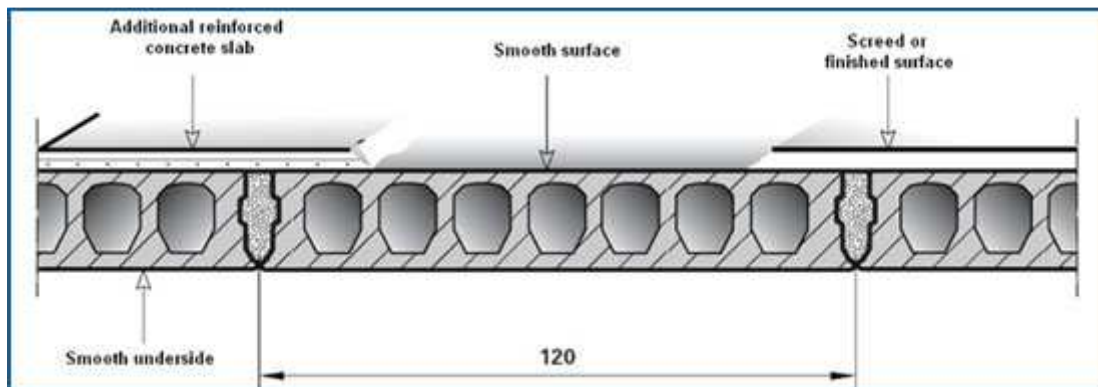
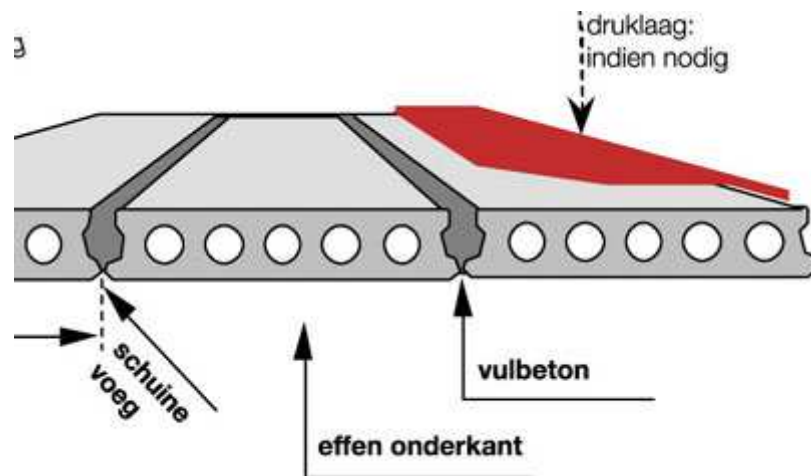
### 1.4.1 Systeemvloer

#### Principe

De vloer wordt samengesteld door het naast elkaar plaatsen van de voorgespannen kanaalplaten. Hierover kan extra wapening aangebracht, waarna beton wordt gestort om het geheel te koppelen en een composiet vloer te bekomen.

De aanwezigheid van de druklaag is in principe niet vereist aangezien een spreiding van de belasting door de zijprofilering van de kanaalplaten mogelijk is.

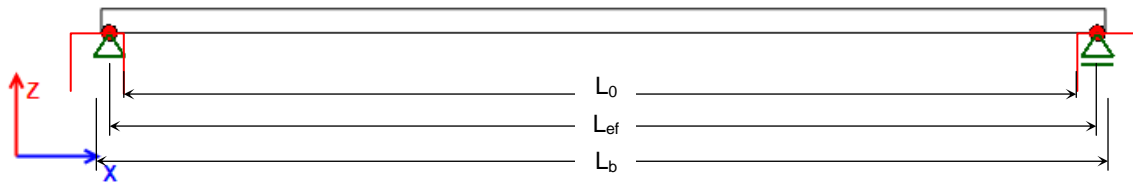
Een druklaag wordt aangeraden indien een horizontale schijfwerking vereist is en wanneer grote geconcentreerde lasten worden verwacht.



## 1.4.2 Randvoorwaarden en steunpunten

### 1.4.2.1 Statisch systeem

De ontwerpberekeningen en de afgeleide overspanningstabellen zijn opgesteld voor **isostatisch** opgelegde elementen.



$L_b$  = lengte kanaalplaat

$L_0$  = dagmaat tussen oplegvlak steunpunten

$L_{ef}$  = effectieve lengte kanaalplaat → berekening snedekrachten

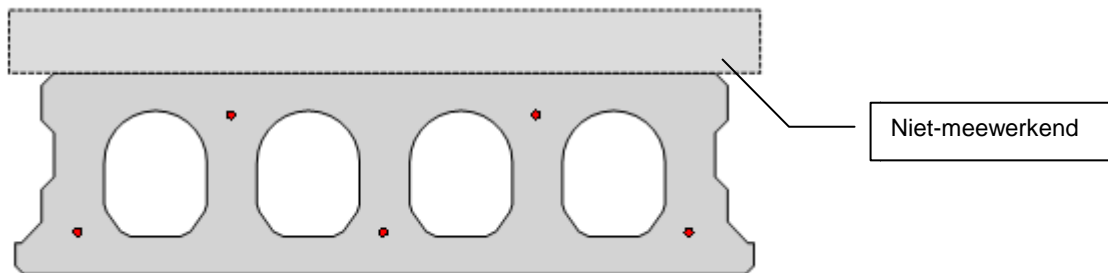
De minimale opleglengte van de kanaalplaten bedraagt 70 mm:

- ZONDER uitstekende wapening: min. 70 mm

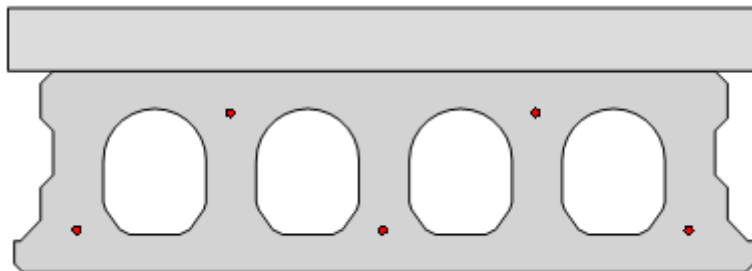
### 1.4.2.2 Vloersysteem

De productnorm EN 1168 kan worden toegepast voor verschillende type vloeren:

Vloersysteem ZONDER constructieve druklaag → enkel de kanaalplaat vormt de weerstandbiedende doorsnede



Vloersysteem MET constructieve druklaag → de kanaalplaat en de druklaag vormen de weerstandbiedende doorsnede



## 1.5 Belastingen

## 1.5.1 Permanente gravitaire last

- |    |                        |                                    |  |
|----|------------------------|------------------------------------|--|
| a) | Gewicht kanaalplaten   | (afhankelijk van type kanaalplaat) | -  |
| b) | Gewicht voegvulling    | (afhankelijk van type kanaalplaat) | -  |
| c) | Gewicht druklaag       | (afhankelijk van dikte)            | -  |
| d) | Gewicht vloerafwerking | (chape, vloer)                     | $g_k = 1.50 \text{ kN/m}^2$<br>$g_k = 2.00 \text{ kN/m}^2$ |

*Het gewicht van de vloerafwerking is een forfaitaire realistische belasting waarvan wordt aangenomen dat ze steeds aanwezig is en deel uitmaakt van de definitieve vloeropbouw. Door deze aanname worden de tijdsafhankelijke effecten (krimp en kruip) op een meer realistische wijze in rekening gebracht*

## 1.5.2 Variabele gravitaire last

- |    |                   |                                      |   |
|----|-------------------|--------------------------------------|---|
| e) | Gebruiksbelasting | (eenparig verdeelde oppervlaktelast) | $q_{k,min} = 1.00 \text{ kN/m}^2$<br>$q_{k,max} = 15.00 \text{ kN/m}^2$ |
|----|-------------------|--------------------------------------|---|

## 1.6 Ontwerpparameters

Ontwerplevensduur	Klasse 3	→	T = 50 jaar
Gevolgklasse	CC2		
Betrouwbaarheidsklasse	RC2	→	factor: $K_{Fi} = 1.0$

Partiële veiligheidscoëfficiënten:

Ontwerpsituatie	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	$\gamma_Q$
UGT/STR – Set B	1.35	1.00	$1.50 \cdot K_{Fi}$
GGT	1.00	1.00	1.00
ACC	1.00	1.00	1.00

Belastingsfactoren

Belastingstype	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Gebruiksbelasting (Categorie A,B)	0.70	0.50	0.30

Opgesteld te Westerlo, 7 februari 2014

ing. Brecht Beirinckx



## 2 Materialen

### 2.1 Beton volgens EN206-1

#### 2.1.1 Mechanische eigenschappen

**Beton** volgens EN 206-1: Betonklasse C20/25 tot C55/65

**CXX/YY**

XX = cilinderdruksterkte na 28 dagen (Ø150 – L = 200 mm)

YY = kubusdruksterkte na 28 dagen (kubus 200 mm x 200 mm )

Eigenschap	Symbol	Eenheid	Analytische relatie
Cilinderdruksterkte na 28 dagen	$f_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	
Kubusdruksterkte na 28 dagen	$f_{ck,cube}$	N/mm <sup>2</sup>	
Gemiddelde druksterkte	$f_{cm}$	N/mm <sup>2</sup>	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (N/mm <sup>2</sup> )
Gemiddelde treksterkte	$f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	Als betonklasse $\leq$ C50/60: $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{(2/3)}$ anders $f_{ctm} = 2.12 \ln(1+(f_{cm}/10))$
5% fractiel treksterkte	$f_{ctk,0.05}$	N/mm <sup>2</sup>	$f_{ctk,0.05} = 0.7 \times f_{ctm}$
95% fractiel treksterkte	$f_{ctk,0.95}$	N/mm <sup>2</sup>	$f_{ctk,0.95} = 1.3 \times f_{ctm}$
Secans elasticiteitsmodulus <sup>1</sup>	$E_{cm}$	‰	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$
Tangens elasticiteitsmodulus <sup>2</sup>	$E_{c0}$	‰	$E_{c0} = 1.05 \times E_{cm}$

Opmerking:

- De elasticiteitsmodulus van beton wordt in grote mate beïnvloed door het granulaatype. De berekende waarde geldt enkel voor kwartsiet granulaten. Voor andere granulaten worden de volgende correcties toegepast:
  - Kalksteen: - 10% **→ TOEGEPAST in KANAALPLATEN**
  - Zandsteen: - 30%
  - Basalt: + 20%

In de Belgische Nationale Annex geldt eveneens:

- Porfier: + 10%
- De evolutie van de betonsterkte in functie van de tijd en de gebruikte cementsoort is uitvoerig beschreven in EN1992-1-1: 3.1.2. Doorgaans is de werkelijke evolutie van de sterkte bij prefab beton gunstiger waardoor een minimaal gegarandeerde equivalente betonklasse bij aanvang van de constructiefasen door controle metingen te rechtvaardigen is.

<sup>1</sup> Secans elasticiteitsmodulus wordt benaderd door het punt overeenkomstig de spanning  $0.4 \times f_{cm}$

<sup>2</sup> Tangens elasticiteitsmodulus is de helling van de raaklijn in het spanning-rekdiagramma bij nulspanning



## 2.1.2 Rekenwaarden

**PARTIËLE VEILIGHEIDSCOËFFICIËNTEN**

Fundamentele belastingscombinatie

Beton:  $\gamma_c = 1.30$  (=> prefabricatie met controle productieproces)  
 $\gamma_c = 1.50$  (=> beton gestort in situ)

Accidentele belastingscombinatie (bv. brand)

Beton:  $\gamma_c = 1.00$ **LANGE-TERMIJNCOËFFICIËNTEN** (EN1992-1-1: 3.1.6)Druksterkte beton:  $\alpha_{cc} = 0.85$  (invloed langdurige belasting op druksterkte)Treksterkte beton:  $\alpha_{ct} = 1.00$  (invloed langdurige belasting op treksterkte)Bij accidentele combinatie geldt:  $\alpha_{cc} = 1.00$  en  $\alpha_{ct} = 1.00$ **REKENWAARDEN**Rekenwaarde druksterkte  $f_{cd}$ 

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad 0.8 < \alpha_{cc} < 1.0 \quad (\text{EC2: } \alpha_{cc} = 1.0, \text{ NBN: } \alpha_{cc} = 0.85)$$

Rekenwaarde treksterkte  $f_{ctd}$ 

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05}}{\gamma_c} \quad 0.8 < \alpha_{ct} < 1.0 \quad (\text{EC2: } \alpha_{ct} = 1.0, \text{ NBN: } \alpha_{ct} = 1.0)$$

	$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ctk0.05}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_{cm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{c2}$ (‰)	$\epsilon_{cu2}$ (‰)	$n$ (-)	Fundamenteel		Accidenteel	
							$f_{cd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ctd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{cd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ctd}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Kanaalplaat	40.0	2.50	31 700	2.00	3.50	2.00	26.15	1.92	40.00	2.50
Druklaag	30.0	2.00	28 300	2.00	3.50	2.00	14.17	1.20	30.00	2.00

## 2.3 Betonstaal volgens EN 10080

## 2.3.1 Mechanische eigenschappen

Soort	Vloeisterkte	Treksterkte	E-Modulus	Rekgrens
	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{uk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$ (‰)
B500B	500	540	200 000	11.1

## 2.3.2 Rekenwaarden

**PARTIËLE VEILIGHEIDSCOËFFICIËNTEN**

Fundamentele belastingscombinatie

Wapening:  $\gamma_s = 1.15$ 

Accidentele belastingscombinatie (bv. brand)

Wapening:  $\gamma_s = 1.00$ **REKENWAARDEN**Rekenwaarde vloeigrens  $f_{yd}$ 

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Rekenwaarde breukgrens  $f_{ud}$ 

$$f_{pud} = \frac{f_{pk}}{\gamma_p}$$

Rekenwaarde rekgrens  $\epsilon_{ud}$ 

$$\epsilon_{ud} = 0.9 \cdot \epsilon_u$$

Soort	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{uk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$ (‰)	$\epsilon_{ud}$ (1)	Fundamenteel		Accidenteel	
						$f_{yd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ud}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ud}$ (N/mm <sup>2</sup> )
B500B	500	540	200000	11.1	10.00	434.8	478.3	500	550

## 2.4 Voorspanstaal volgens EN 10038

## 2.4.1 Mechanische eigenschappen

Soort	Vloeisterkte	Treksterkte	E-Modulus	Rekgrens
	$f_{p0.1k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{pk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$ (‰)
Y1860	1685	1860	195 000	25.00
Y1960	1760	1960	195 000	25.00
Y2060	1830	2060	195 000	25.00

## 2.4.2 Rekenwaarden

**PARTIËLE VEILIGHEIDSCOËFFICIËNTEN**

Fundamentele belastingscombinatie

Voorspanwapening:  $\gamma_p = 1.10$ 

Accidentele belastingscombinatie (bv. brand)

Voorspanwapening:  $\gamma_p = 1.00$ **REKENWAARDEN**Rekenwaarde vloeigrens  $f_{pd}$ 

$$f_{pd} = \frac{f_{p0.1k}}{\gamma_p}$$

Rekenwaarde breukgrens  $f_{pud}$ 

$$f_{pud} = \frac{f_{pk}}{\gamma_p}$$

Rekenwaarde rekgrens  $\epsilon_{ud}$ 

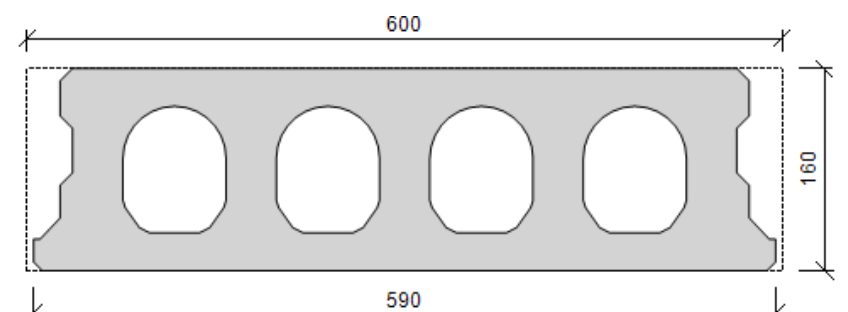
$$\epsilon_{ud} = 0.9 \cdot \epsilon_u$$

Soort	$f_{p0.1k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{pk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_p$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$ (‰)	$\epsilon_{ud}$ (1) (‰)	Fundamenteel		Accidenteel	
						$f_{pd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{pud}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{pd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{pud}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Y1860	1685	1860	195000	25.00	22.50	1465.22	1690.91	1685	1860
Y1960	1760	1960	195000	25.00	22.50	1600.0	1781.8	1760	1960
Y2060	1830	2060	195000	25.00	22.50	1663.6	1872.7	1830	2060

### 3 Kanaalplaat

#### 3.1 Doorsnede

##### 3.1.1 VS16-60



h =	160	mm	A =	596.71	cm <sup>2</sup>
b =	590	mm	I <sub>y</sub> =	17189.99	cm <sup>4</sup>
b <sub>w,min</sub> =	200	mm	e <sub>zt</sub> =	80.78	mm
			e <sub>zb</sub> =	79.22	mm
Voeg =	13.22	l/m <sup>2</sup>	S <sub>cg</sub> =	1465.84	cm <sup>3</sup>

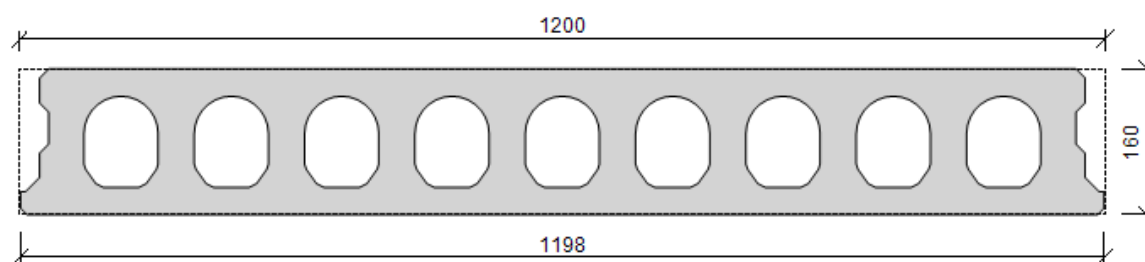
Kanaalplaat → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 2.39 kN/m<sup>2</sup>

Voegvulling → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 0.31 kN/m<sup>2</sup>

##### 3.1.2 VS16-120



h =	160	mm	A =	1215.88	cm <sup>2</sup>
b =	1198	mm	I <sub>y</sub> =	35522.68	cm <sup>4</sup>
b <sub>w,min</sub> =	398	mm	e <sub>zt</sub> =	79.81	mm
			e <sub>zb</sub> =	80.19	mm
Voeg =	5.60	l/m <sup>2</sup>	S <sub>cg</sub> =	3015.48	cm <sup>3</sup>

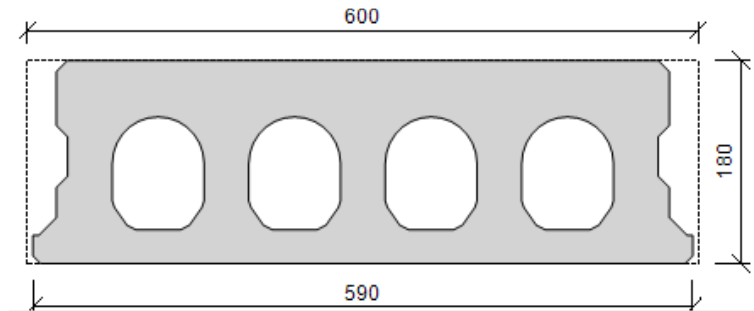
Kanaalplaat → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 2.44 kN/m<sup>2</sup>

Voegvulling → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 0.13 kN/m<sup>2</sup>

## 3.1.3 VS18-60



h =	180	mm	A =	706.15	cm <sup>2</sup>
b =	590	mm	I <sub>y</sub> =	24822.25	cm <sup>4</sup>
b <sub>w,min</sub> =	200	mm	e <sub>zt</sub> =	86.71	mm
Voeg =	14.98	l/m <sup>2</sup>	e <sub>zb</sub> =	93.29	mm
			S <sub>cg</sub> =	1904.31	cm <sup>3</sup>

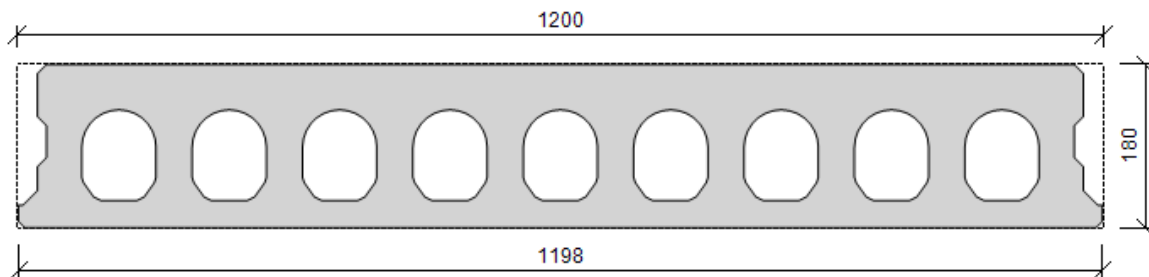
Kanaalplaat → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 2.83 kN/m<sup>2</sup>

Voegvulling → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 0.35 kN/m<sup>2</sup>

## 3.1.4 VS18-120



h =	180	mm	A =	144.08	cm <sup>2</sup>
b =	1198	mm	I <sub>y</sub> =	51240.11	cm <sup>4</sup>
b <sub>w,min</sub> =	398	mm	e <sub>zt</sub> =	85.48	mm
Voeg =	6.33	l/m <sup>2</sup>	e <sub>zb</sub> =	94.52	mm
			S <sub>cg</sub> =	3920.00	cm <sup>3</sup>

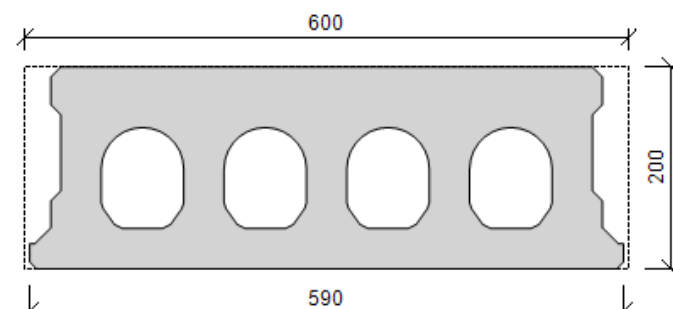
Kanaalplaat → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 2.90 kN/m<sup>2</sup>

Voegvulling → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 0.15 kN/m<sup>2</sup>

## 3.1.5 VS20-60



h =	200	mm	A =	807.75	cm <sup>2</sup>
b =	590	mm	I <sub>y</sub> =	34805.60	cm <sup>4</sup>
b <sub>w,min</sub> =	200	mm	e <sub>zt</sub> =	97.55	mm
Voeg =	13.22	l/m <sup>2</sup>	e <sub>zb</sub> =	102.45	mm
			S <sub>cg</sub> =	2420.24	cm <sup>3</sup>

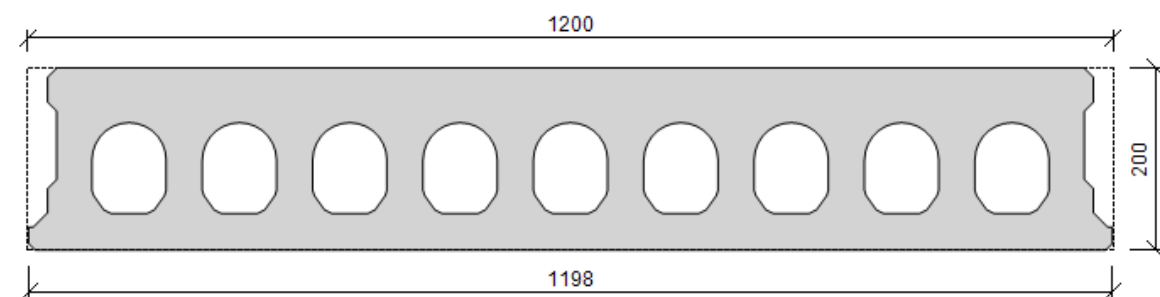
Kanaalplaat → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 3.24 kN/m<sup>2</sup>

Voegvulling → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 0.42 kN/m<sup>2</sup>

## 3.1.6 VS20-120



h =	200	mm	A =	1670.28	cm <sup>2</sup>
b =	1198	mm	I <sub>y</sub> =	72246.25	cm <sup>4</sup>
b <sub>w,min</sub> =	200	mm	e <sub>zt</sub> =	96.29	mm
Voeg =	7.73	l/m <sup>2</sup>	e <sub>zb</sub> =	103.71	mm
			S <sub>cg</sub> =	5015.03	cm <sup>3</sup>

Kanaalplaat → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 3.35 kN/m<sup>2</sup>

Voegvulling → Equivalente dichtheid = 2450 kg/m<sup>3</sup>

→ gewicht = 0.18 kN/m<sup>2</sup>

### 3.2 Voorspanwapening

#### 3.2.1 Voorspanstrengen

Er worden 3 verschillende voorspanstrengen gebruikt bij de productie van de kanaalplaten, waarvan de eigenschappen in de volgende tabel zijn weergegeven.

Naam	Type	d (mm)	A (mm <sup>2</sup> )
Ø6.85	7s	6.85	28.1
Ø9.3 = 3/8"	7s	9.3	52.0
Ø12.5 = 1/2"	7s	12.5	93.0

Type: 7s = voorspanstrengen met 7 draden

#### 3.2.2 Wapeningspatronen

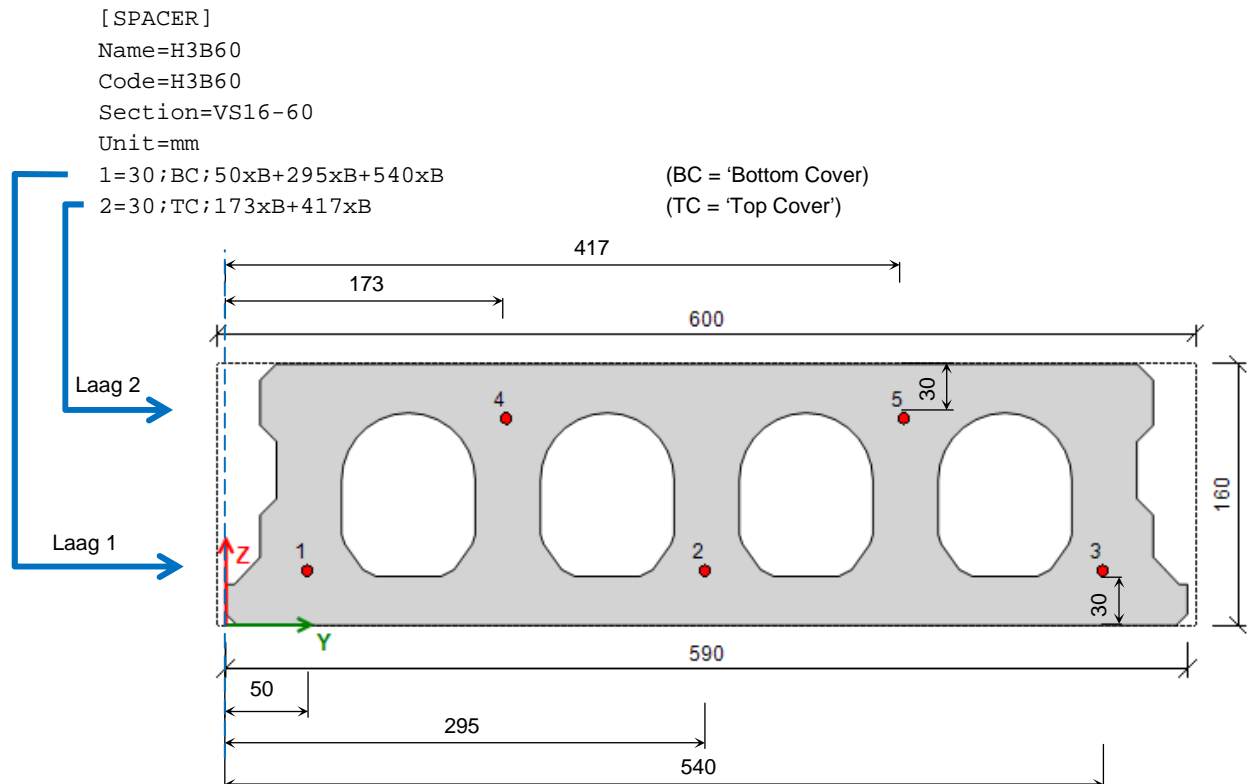
Om een groot bereik van belastingen en overspanningen te kunnen aanbieden worden per doorsnede verschillende wapeningspatronen toegepast. De wapeningspatronen zijn in de bijlage samengevat.

Voor elk wapeningspatroon gelden per voorspanstreng de volgende aannamen:

Code	Streng	A (mm <sup>2</sup> )	Kwaliteit	Relax	$\sigma_{p0}/f_{pk}$	P <sub>0</sub> (kN)
B	Ø6.85	28.1	Y2060	R2(L)	60%	34.73
N	Ø9.3	52	Y1860	R2(L)	60%	58.03
T	Ø12.5	93	Y1860	R2(L)	60%	103.79

Een wapeningspatroon bevat naast de codering eveneens de geometrische inplanting van de voorspanstrengen in een bepaalde betonnen doorsnede. Deze toekenning gebeurt in horizontale lagen, waarbij elke laag een horizontaal referentievlak

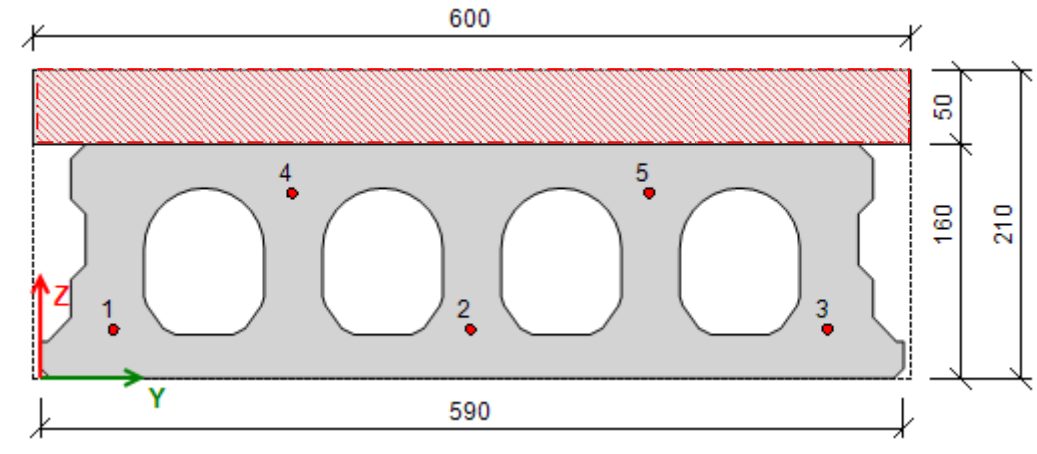
Een voorbeeld van een wapeningspatroon in een welfsel VS16-60:



## 4 Analyse

### 4.1 Effectieve doorsnede

Voor vloersystemen met in het werk gestorte meewerkende druklaag is de effectieve breedte die in rekening wordt gebracht bij de berekeningen in UGT en GGT gelijk aan de modulemaat (600 of 1200 mm). De voegvulling wordt niet als weerstandbiedend beschouwd bij de berekening van de dwarskrachten- en momentencapaciteit.



De effectieve doorsnede wordt bepaald door de geometrische samenstelling van de verschillende polygonale vormen. Voor elke type kanaalplaat worden de berekeningen uitgevoerd voor druklagen met dikte 0, 40 en 50 mm.

#### Kanaalplaat 60 cm

Kanaalplaat	DL mm	Vloer mm	$e_{zt}$ mm	$e_{zb}$ mm	$I_y$ cm <sup>4</sup>
VS16-60	0	160	80.78	79.22	17190.0
	40	200	91.87	108.13	34893.5
	50	210	95.39	114.61	40152.1
VS18-60	0	180	86.71	93.29	24822.3
	40	220	99.64	120.36	45537.9
	50	230	103.40	126.60	51720.9
VS20-60	0	200	97.55	102.45	34805.6
	40	240	110.62	129.38	60692.0
	50	250	114.36	135.64	68283.8

#### Kanaalplaat 120 cm

Kanaalplaat	DL mm	Vloer mm	$e_{zt}$ mm	$e_{zb}$ mm	$I_y$ cm <sup>4</sup>
VS16-120	0	160	79.81	80.19	35522.7
	40	200	91.56	108.44	70447.0
	50	210	95.18	114.82	80906.4
VS18-120	0	180	85.48	94.52	51240.1
	40	220	99.20	120.80	91979.7
	50	230	103.10	126.90	104256.0
VS20-120	0	200	96.29	103.71	72246.3
	40	240	110.33	129.67	123306.0
	50	250	114.23	135.77	138433.3



## 4.2 Tijdsafhankelijke effecten

### 4.2.1 Krimp

Krimp van het beton leidt tot vermindering van de voorspanning.

### 4.2.2 Kruip

Kruip van het beton leidt tot vermindering van de voorspanning en verlies van stijfheid.

De effectieve E-modulus met invloed van kruip is gegeven door:

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0))$$

De kruipfactoren worden voor de verschillende doorlopen tijdsintervallen berekend.

### 4.2.3 Relaxatie

Relaxatie van het voorspanstaal leidt tot vermindering van de voorspanning.

### 4.2.4 Voorspanverlies

Het gezamenlijk tijdsafhankelijk effect van krimp, kruip en relaxatie op de voorspanning leidt tot vermindering van de voorspankracht in de loop van de tijd. Dit voorspanverlies kan worden geraamd in functie van het voorspanpercentage bij productie van de kanaalplaten. De voorspanverliezen worden voor de verschillende doorlopen tijdsintervallen berekend.

Een richtwaarde van de totale voorspanverliezen is in de onderstaande tabel terug te vinden

Volgens tabel K.1 uit NBN-EN 13369 geldt:

Initiele spanning in wapening ( $\sigma_{0max}$ )	Totale voorspanverliezen op tijdstip 'oneindig' ( $\Delta P/P_0$ )
min. ( $0.85 \cdot f_{pk}$ ; $0.95 f_{p0.1k}$ )	22%
$0.80 \cdot f_{pk}$	21%
$0.75 \cdot f_{pk}$	20%
$0.70 \cdot f_{pk}$	19%
<b><math>0.65 \cdot f_{pk}</math></b>	<b>17%</b>

#### 4.3 Controle uiterste grenstoestand

De uiterste grenstoestand heeft betrekking op sterkte en stabiliteit van een bouwdeel.

De controles bestaan uit:

- Buigweerstand bij omgevingstemperatuur
- Buigweerstand bij brand
- Dwarskrachtweerstand bij omgevingstemperatuur
- Dwarskrachtweerstand bij brand
- Afschuiving tussen druklaag en kanaalplaat

#### 4.4 Controle gebruiksgrenstoestand

De gebruiksgrenstoestand heeft betrekking op de doorbuigingen waarbij onderscheidt wordt gemaakt tussen:

- Totale doorbuiging

Doorbuiging t.g.v. alle belastingen (incl. voorspanning) volgens quasi-permanente belastingscombinatie met ingebrip van tijdsafhankelijke effecten waarbij het uitzicht bepalend is (SLS\_APP)

Type APP: totale doorbuiging waarbij uitzicht bepalen is, o.i.v. alle belastingen

- Actieve (bijkomende) doorbuiging

Bijkomende doorbuiging, na bepaald referentietijdstip volgens de quasi-permanente belastingscombinatie met ingebrip van tijdsafhankelijke effecten van de belastingen vóór het referentietijdstip en de ogenblikkelijke en tijdsafhankelijke vervormingen van de belasting na het referentietijdstip.

Type DAM: voorkomen van schade na aanbrengen van permanente belasting

Type UTIL: verzekeren van de functionaliteit van de vloer na ingebruikname

De doorbuigingen worden bepaald met inachtnaeme van de verschillende belastingsstappen en de tijdsafhankelijke effecten (krimp en kruip)

In de overspanningstabellen zijn de maximale overspanningen t.g.v. de vervormingsbeperkingen opgesplitst in 2 delen. Enerzijds gelden beperkingen volgens de quasi-permanente belastingscombinatie, anderzijds kan een beperking gelden voor de quasi-permanente combinatie waarbij het resterende aandeel van de variabele belasting ( $1-\psi_2$ ) gedurende een korte periode, zonder kruipvervorming, wordt aangezet, waardoor de doorbuiging nog verder elastische zal toenemen toenemen.

## 5 Opstelling overspanningstabellen

### 5.1 Aannamen

De overspanningstabellen zijn opgesteld voor eenparig verdeelde OPPERVLAKTElasten met de volgende globale aannamen.

- Forfaitaire permanente belasting  $g_k = 1.50 \text{ kN/m}^2$  (normale vloeropbouw)  
 $g_k = 2.00 \text{ kN/m}^2$  (verhoogde vloeropbouw)
- Variabele belasting  $q_k = 1.00 \rightarrow 15.00 \text{ kN/m}^2$  stap  $0.50 \text{ kN/m}^2$
- Brandweerstand  
 60 min  
 90 min
- Totale doorbuiging  $< L/250$  (APP1: uitzicht)  
 $< L/300$  (APP2: uitzicht)
- Actieve doorbuiging  $< L/500$  (DAM1: Beheersen van schade)  
 $< L/250$  (UTIL1: Beheersen van schade)  
 $< L/500$  (DAM2: Beheersen van schade)  
 $< L/250$  (UTIL2: Beheersen van schade)

Belasting per kanaalplaat:

$$\text{Uiterste grenstoestand} \quad q_{Ed} = (\gamma_g \cdot (g_{KP} + g_{VG} + g_{DL} + g_k) + \gamma_q \cdot q_k) \cdot b_{ef}$$

$$\text{Gebruiksgrenstoestand} \quad q_{qp1} = ((g_{KP} + g_{VG} + g_{DL} + g_k) + \psi_2 \cdot q_k) \cdot b_{ef}$$

Situatie 1 = Q-P

$$Q_{qp2} = ((g_{KP} + g_{VG} + g_{DL} + g_k) + \psi_2 \cdot q_k + (1-\psi_2) \cdot q_k) \cdot b_{ef}$$

Situatie 2 = Q-P + (1- $\psi_2$ ) • Q

De maximale toegelaten overspanning voor een gegeven kanaalplaat, druklaag en wapeningstype bij variërende variabele belasting is de minimale waarde van de maximale overspanning bepaald voor:

Buiging in UGT

Dwarskracht in UGT

Begrenzing totale vervorming in GGT

Begrenzing actieve vervorming in GGT

Aangezien de gescheurdheid van de kanaalplaten afhankelijk is van de voorspanning, de overspanning en de aangebrachte belasting is er geen lineair verband tussen de weerstand en maximale overspanningen.

De overspanningstabellen worden opgesteld door iteratief proces waarbij voor elk criterium (UGT en GGT) de volledige analyse van de kanaalplaat wordt uitgevoerd.

De overspanningstabellen bevatten voor een gegeven ...

- ✓ Doorsnede
- ✓ Druklaag
- ✓ Brandweerstand
- ✓ Wapeningspatroon
- ✓ permanente
- ✓ variabele belasting

de maximale effectieve overspanning ( $L_{eff}$ ) die voor de geanalyseerde criteria kan worden gehaald.

De gegevens van de overspanningstabellen zijn voor elke doorsnede in Excel werkbladen verzameld.

## 6 BIJLAGE A – Wapeningspatronen

### 6.1 Algemeen

De wapeningspatronen worden opgebouwd uit voorspanstrengen waarvan de standaardwaarden in de onderstaande tabel zijn weergegeven.

Type	Streng	Staal	Relaxatie	$\eta$
B	7-draads, Ø6.85	Y2060	R2	60%
N	7-draads, Ø9.3	Y1860	R2	60%
T	7-draads, Ø12.5	Y1860	R2	60%

$$\eta = \text{voorpanpercentage} = \sigma_{p0}/f_{pk}$$

Verdere afspraken:

- ✓ Als bovenwapening wordt enkel Type B toegepast.
- ✓ Indien de onderwapening uit meerdere lagen bestaat, wordt enkel Type B toegepast
- ✓ Er wordt slechts één type streng per onderwapening gebruikt

Elk wapeningspatroon wordt gekenmerkt door een code: XyYZZZ

- ✓ X = B → enkele laag onderwapening, X = F → dubbele laag onderwapening
- ✓ y = aantal voorspanstrengen van het type Y
- ✓ Y = type voorspanstrengen volgens bovenstaande tabel
- ✓ ZZ = brandweerstand uitgedrukt in minuten (60 of 90)

Voor een brandweerstand van 60 minuten geldt:

- ⇒ Dekking 1<sup>ste</sup> laag onderwapening = 30 mm
- ⇒ Dekking 2<sup>de</sup> laag onderwapening = 60 mm

Voor een brandweerstand van 90 minuten geldt:

- ⇒ Dekking 1<sup>ste</sup> laag onderwapening = 35 mm
- ⇒ Dekking 2<sup>de</sup> laag onderwapening = 65 mm

De dekking op de onderwapening wordt 5 mm groter.

Op de volgende pagina's worden voor de verschillende type kanaalplaten de definitie van de wapeningspatronen weergegeven in de eerste tabel. De tweede tabel bevat de breukweerstand voor buiging en dwarskracht (niet-gescheurd) bij kamertemperatuur voor kanaalplaten zonder druklaag en met een druklaag van 40 en 50 mm.

De controle van de breukweerstand bij kamertemperatuur is steeds nadeliger dan de controle bij brand.

(Bij brand quasi-permanente waarde ( $\psi_2 \cdot Q_k$ ) van variabele belasting.)

## 6.2 Brandweerstand R = 60 minuten

## 6.2.1 VS16-60

## 6.2.1.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H3B60	30	BC	3B	30	TC	2B	140.50	173.66
2	H4B60	30	BC	4B	30	TC	2B	168.60	208.39
3	H5B60	30	BC	5B	30	TC	2B	196.70	243.12
4	H3N60	30	BC	3N	30	TC	2B	212.20	243.56
5	F6B60	30 60	BC	5B 1B	30	TC	2B	224.80	277.85
6	F7B60	30 60	BC	5B 2B	30	TC	2B	252.90	312.58
7	H4N60	30	BC	4N	30	TC	2B	264.20	301.59
8	F8B60	30 60	BC	5B 3B	30	TC	2B	281.00	347.32
9	H5N60	30	BC	5N	30	TC	2B	316.20	359.62
10	H3T60	30	BC	3T	30	TC	2B	335.20	380.83
11	H4T60	30	BC	4T	30	TC	2B	428.20	484.62
12	H5T60	30	BC	5T	30	TC	2B	521.20	588.40

## 6.2.1.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H3B60	19.32	41.48	27.93	50.16	30.44	52.55
H4B60	24.14	42.54	34.23	51.48	37.18	53.95
H5B60	28.81	43.55	40.27	52.75	43.65	55.29
H3N60	28.71	42.51	40.28	51.45	43.65	53.92
F6B60	31.88	44.52	44.52	53.96	48.43	56.58
F7B60	34.86	45.45	48.60	55.13	52.82	57.82
H4N60	36.22	43.80	49.69	53.07	53.84	55.64
F8B60	37.73	46.35	52.58	56.26	57.07	59.02
H5N60	43.34	44.99	58.71	54.57	63.32	57.23
H3T60	45.15	43.64	61.23	52.87	66.01	55.42
H4T60	56.12	45.11	76.05	54.71	81.59	57.38
H5T60	62.51	46.41	89.74	56.35	96.01	59.11

## 6.2.2 VS16-120

## 6.2.2.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H4B60	30	BC	4B	30	TC	4B	224.80	277.85
2	H6B60	30	BC	6B	30	TC	4B	281.00	347.32
3	H4N60	30	BC	4N	30	TC	4B	320.40	371.05
4	H10B60	30	BC	10B	30	TC	4B	393.40	486.24
5	H6N60	30	BC	6N	30	TC	4B	424.40	487.12
6	F12B60	30 60	BC	10B 2B	30	TC	4B	449.60	555.71
7	H4T60	30	BC	4T	30	TC	4B	484.40	554.08
8	F14B60	30 60	BC	10B 4B	30	TC	4B	505.80	625.17
9	H8N60	30	BC	8N	30	TC	4B	528.40	603.18
10	F16B60	30 60	BC	10B 6B	30	TC	4B	562.00	694.63
11	F18B60	30 60	BC	10B 8B	30	TC	4B	618.20	764.10
12	H10N60	30	BC	10N	30	TC	4B	632.40	719.25
13	H6T60	30	BC	6T	30	TC	4B	670.40	761.65
14	H8T60	30	BC	8T	30	TC	4B	856.40	969.23
15	H10T60	30	BC	10T	30	TC	4B	1042.40	1176.81

## 6.2.2.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H4B60	28.88	80.59	42.69	97.12	46.79	101.76
H6B60	39.12	82.81	55.88	99.92	60.90	104.72
H4N60	42.12	82.08	60.01	99.01	65.31	103.76
H10B60	58.24	86.94	80.52	105.07	87.31	110.18
H6N60	58.00	84.87	80.52	102.49	87.32	107.45
F12B60	64.45	88.86	88.89	107.47	96.88	112.73
H4T60	65.88	83.79	90.47	101.14	98.46	106.01
F14B60	70.48	90.72	97.02	109.79	105.67	115.18
H8N60	73.15	87.45	99.21	105.71	107.71	110.86
F16B60	76.32	92.51	104.96	112.03	114.17	117.55
F16B60	81.93	94.24	112.71	114.19	122.45	119.83
H10N60	87.58	89.84	117.20	108.69	126.66	114.01
H6T60	91.28	87.11	122.25	105.28	132.04	110.40
H8T60	113.86	90.04	151.90	108.93	163.29	114.27
H10T60	125.57	92.62	179.38	112.16	192.33	117.69

## 6.2.3 VS18-60

## 6.2.3.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H3B60	30	BC	3B	30	TC	2B	140.50	173.66
2	H4B60	30	BC	4B	30	TC	2B	168.60	208.39
3	H5B60	30	BC	5B	30	TC	2B	196.70	243.12
4	H3N60	30	BC	3N	30	TC	2B	212.20	243.56
5	F6B60	30 60	BC	5B 1B	30	TC	2B	224.80	277.85
6	F7B60	30 60	BC	5B 2B	30	TC	2B	252.90	312.58
7	H4N60	30	BC	4N	30	TC	2B	264.20	301.59
8	F8B60	30 60	BC	5B 3B	30	TC	2B	281.00	347.32
9	H5N60	30	BC	5N	30	TC	2B	316.20	359.62
10	H3T60	30	BC	3T	30	TC	2B	335.20	380.83
11	H4T60	30	BC	4T	30	TC	2B	428.20	484.62
12	H5T60	30	BC	5T	30	TC	2B	521.20	588.40

## 6.2.3.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H3B60	22.54	45.56	31.11	55.48	33.64	58.17
H4B60	28.33	46.66	38.32	56.86	41.31	59.60
H5B60	33.89	47.70	45.26	58.19	48.69	60.99
H3N60	33.77	46.64	45.26	56.85	48.68	59.57
F6B60	37.83	48.71	50.35	59.47	54.35	62.33
F7B60	41.67	49.69	55.30	60.70	59.65	63.63
H4N60	42.78	47.99	56.15	58.55	60.43	61.36
F8B60	45.40	50.63	60.15	61.89	64.78	64.89
H5N60	51.39	49.25	66.65	60.14	71.41	63.03
H3T60	53.75	47.84	69.71	58.35	74.65	61.15
H4T60	67.70	49.39	87.12	60.32	92.90	63.21
H5T60	80.40	50.69	103.33	61.96	109.96	65.05

## 6.2.4 VS18-120

## 6.2.4.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H4B60	30	BC	4B	30	TC	4B	224.80	277.85
2	H6B60	30	BC	6B	30	TC	4B	281.00	347.32
3	H4N60	30	BC	4N	30	TC	4B	320.40	371.05
4	H8B60	30	BC	8B	30	TC	4B	337.20	416.78
5	H10B60	30	BC	10B	30	TC	4B	393.40	486.24
6	H6N60	30	BC	6N	30	TC	4B	424.40	487.12
7	F12B60	30 60	BC	10B 2B	30	TC	4B	449.60	555.71
8	H4T60	30	BC	4T	30	TC	4B	484.40	554.08
9	F14B60	30 60	BC	10B 4B	30	TC	4B	505.80	625.17
10	H8N60	30	BC	8N	30	TC	4B	528.40	603.18
11	F16B60	30 60	BC	10B 6B	30	TC	4B	562.00	694.63
12	F18B60	30 60	BC	10B 8B	30	TC	4B	618.20	764.10
13	H10N60	30	BC	10N	30	TC	4B	632.40	719.25
14	H6T60	30	BC	6T	30	TC	4B	670.40	761.65
15	H8T60	30	BC	8T	30	TC	4B	856.40	969.23
16	H10T60	30	BC	10T	30	TC	4B	1042.40	1176.81

## 6.2.4.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H4B60	33.00	88.52	47.10	107.40	51.24	112.61
H6B60	45.63	90.78	62.21	110.27	67.29	115.65
H4N60	49.21	90.06	66.92	109.36	72.28	114.68
H8B60	57.25	92.93	79.64	112.97	82.62	118.51
H10B60	68.52	94.98	90.51	115.55	97.39	121.25
H6N60	68.24	92.90	90.51	112.93	97.38	118.47
F12B60	76.49	96.95	100.72	118.04	108.71	123.88
H4T60	77.88	91.81	102.28	111.56	110.27	117.02
F14B60	84.26	98.86	110.63	120.44	119.32	126.43
H8N60	86.45	95.53	112.33	116.24	120.87	121.98
F16B60	91.82	100.70	120.35	122.76	129.59	128.89
F18B60	99.17	102.49	129.86	125.00	139.64	131.27
H10N60	103.87	97.98	133.37	119.33	142.85	125.25
H6T60	108.66	95.21	139.51	115.83	149.32	121.55
H8T60	137.05	98.23	174.51	119.64	185.93	125.58
H10T60	163.13	100.92	207.25	123.02	220.26	129.17



## 6.2.5 VS20-60

## 6.2.5.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H3B60	30	BC	3B	30	TC	2B	140.50	173.66
2	H4B60	30	BC	4B	30	TC	2B	168.60	208.39
3	H5B60	30	BC	5B	30	TC	2B	196.70	243.12
4	H3N60	30	BC	3N	30	TC	2B	212.20	243.56
5	F6B60	30 60	BC	5B 1B	30	TC	2B	224.80	277.85
6	F7B60	30 60	BC	5B 2B	30	TC	2B	252.90	312.58
7	H4N60	30	BC	4N	30	TC	2B	264.20	301.59
8	F8B60	30 60	BC	5B 3B	30	TC	2B	281.00	347.32
9	H5N60	30	BC	5N	30	TC	2B	316.20	359.62
10	H3T60	30	BC	3T	30	TC	2B	335.20	380.83
11	H4T60	30	BC	4T	30	TC	2B	428.20	484.62
12	H5T60	30	BC	5T	30	TC	2B	521.20	588.40

## 6.2.5.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H3B60	25.85	49.88	34.33	59.51	36.90	62.09
H4B60	32.58	51.03	42.48	60.93	45.51	63.58
H5B60	39.10	52.13	50.34	62.29	53.81	65.02
H3N60	38.96	51.03	50.32	60.92	53.79	63.58
F6B60	43.93	53.19	56.34	63.60	60.35	66.40
F7B60	48.64	54.22	62.18	64.87	66.55	67.74
H4N60	49.50	52.45	62.77	62.68	67.07	65.44
F8B60	53.24	55.22	67.92	66.10	72.57	69.03
H5N60	59.61	53.78	74.80	63.73	79.58	67.17
H3T60	62.50	52.31	78.41	62.50	83.36	65.24
H4T60	79.08	53.97	98.52	64.56	104.31	67.41
H5T60	94.38	55.47	117.40	66.41	124.04	69.36

## 6.2.6 VS20-120

## 6.2.6.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H4B60	30	BC	4B	30	TC	4B	224.80	277.85
2	H6B60	30	BC	6B	30	TC	4B	281.00	347.32
3	H4N60	30	BC	4N	30	TC	4B	320.40	371.05
4	H8B60	30	BC	8B	30	TC	4B	337.20	416.78
5	H10B60	30	BC	10B	30	TC	4B	393.40	486.24
6	H6N60	30	BC	6N	30	TC	4B	424.40	487.12
7	F12B60	30 60	BC	10B 2B	30	TC	4B	449.60	555.71
8	H4T60	30	BC	4T	30	TC	4B	484.40	554.08
9	F14B60	30 60	BC	10B 4B	30	TC	4B	505.80	625.17
10	H8N60	30	BC	8N	30	TC	4B	528.40	603.18
11	F16B60	30 60	BC	10B 6B	30	TC	4B	562.00	694.63
12	F18B60	30 60	BC	10B 8B	30	TC	4B	618.20	764.10
13	H10N60	30	BC	10N	30	TC	4B	632.40	719.25
14	H6T60	30	BC	6T	30	TC	4B	670.40	761.65
15	H8T60	30	BC	8T	30	TC	4B	856.40	969.23
16	H10T60	30	BC	10T	30	TC	4B	1042.40	1176.81

## 6.2.6.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H4B60	36.99	96.75	51.30	115.02	55.19	119.99
H6B60	52.21	99.09	68.67	117.91	73.80	123.04
H4N60	56.47	98.35	73.95	117.00	79.37	122.08
H8B60	65.87	101.31	84.97	120.64	91.02	125.93
H10B60	79.03	103.44	100.67	123.27	107.62	128.69
H6N60	78.69	101.30	100.65	120.63	107.58	125.91
F12B60	88.77	105.51	112.69	125.81	120.70	131.36
H4T60	90.09	100.19	114.21	119.27	122.22	124.47
F14B60	98.30	107.50	124.40	128.26	133.12	133.95
H8N60	99.97	104.06	125.58	124.03	134.15	129.49
F16B60	107.61	109.44	135.91	130.64	145.16	136.46
F18B60	116.68	111.31	147.20	132.94	156.99	138.88
H10N60	120.41	106.64	149.70	127.21	159.18	132.84
H6T60	126.27	103.77	156.94	123.66	166.75	129.10
H8T60	159.95	106.98	197.34	127.62	208.76	133.27
H10T60	191.19	109.88	235.41	131.18	248.43	137.03

## 6.3 Brandweerstand R = 90 minuten

## 6.3.1 VS16-60

## 6.3.1.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H3B90	35	BC	3B	30	TC	2B	140.50	173.66
2	H4B90	35	BC	4B	30	TC	2B	168.60	208.39
3	H5B90	35	BC	5B	30	TC	2B	196.70	243.12
4	H3N90	35	BC	3N	30	TC	2B	212.20	243.56
5	F6B90	35 65	BC	5B 1B	30	TC	2B	224.80	277.85
6	F7B90	35 65	BC	5B 2B	30	TC	2B	252.90	312.58
7	H4N90	35	BC	4N	30	TC	2B	264.20	301.59
8	F8B90	35 65	BC	5B 3B	30	TC	2B	281.00	347.32
9	H5N90	35	BC	5N	30	TC	2B	316.20	359.62
10	H3T90	35	BC	3T	30	TC	2B	335.20	380.83
11	H4T90	35	BC	4T	30	TC	2B	428.20	484.62
12	H5T90	35	BC	5T	30	TC	2B	521.20	588.40

## 6.3.1.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H3B90	18.52	41.49	27.16	50.19	29.66	52.57
H4B90	23.10	42.56	33.22	51.53	36.17	54.00
H5B90	27.54	31.55	39.03	52.81	42.42	55.36
H3N90	27.43	42.54	39.02	51.50	42.42	53.97
F6B90	30.39	44.56	42.98	54.03	46.98	56.65
F7B90	33.14	45.50	46.82	55.21	51.14	57.90
H4N90	34.55	43.86	47.97	53.15	52.22	55.72
F8B90	35.79	46.41	50.56	56.35	55.17	59.11
H5N90	41.28	45.08	56.57	54.69	61.32	57.35
H3T90	42.96	43.70	58.95	52.95	63.88	55.51
H4T90	53.29	45.22	73.04	54.85	78.80	57.52
H5T90	57.11	46.57	86.00	56.55	92.58	59.32

## 6.3.2 VS16-120

## 6.3.2.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H4B90	35	BC	4B	30	TC	4B	224.80	277.85
2	H6B90	35	BC	6B	30	TC	4B	281.00	347.32
3	H4N90	35	BC	4N	30	TC	4B	320.40	371.05
4	H10B90	35	BC	10B	30	TC	4B	393.40	486.24
5	H6N90	35	BC	6N	30	TC	4B	424.40	487.12
6	F12B90	35 65	BC	10B 2B	30	TC	4B	449.60	555.71
7	H4T90	30	BC	4T	30	TC	4B	484.40	554.08
8	F14B90	35 65	BC	10B 4B	30	TC	4B	505.80	625.17
9	H8N90	35	BC	8N	30	TC	4B	528.40	603.18
10	F16B90	35 65	BC	10B 6B	30	TC	4B	562.00	694.63
11	F18B90	35 65	BC	10B 8B	30	TC	4B	618.20	764.10
12	H10N90	35	BC	10N	30	TC	4B	632.40	719.25
13	H6T90	35	BC	6T	30	TC	4B	670.40	761.65
14	H8T90	35	BC	8T	30	TC	4B	856.40	969.23
15	H10T90	35	BC	10T	30	TC	4B	1042.40	1176.81

## 6.3.2.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H4B90	27.77	80.57	41.61	97.12	45.69	101.75
H6B90	37.53	82.80	54.32	99.90	59.32	104.70
H4N90	40.38	82.07	58.30	98.99	63.59	103.74
H10B90	55.71	86.94	78.05	105.07	84.83	110.18
H6N90	55.48	84.87	78.05	102.49	84.83	107.44
F12B90	61.49	88.87	85.98	107.48	93.96	112.73
H4T90	62.93	83.79	87.55	101.14	95.55	106.01
F14B90	67.09	90.73	93.66	109.81	102.30	115.19
H8N90	69.88	87.47	95.97	105.73	104.45	110.88
F16B90	72.50	92.53	101.17	112.05	110.36	117.57
F18B90	77.69	94.26	108.47	114.21	118.21	119.86
H10N90	83.56	89.88	113.21	108.74	122.66	114.07
H6T90	87.01	87.14	117.98	105.32	127.77	110.44
H8T90	108.34	90.12	146.31	109.04	157.70	114.38
H10T90	118.55	92.78	172.50	112.35	185.43	117.89

## 6.3.3 VS18-60

## 6.3.3.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H3B90	35	BC	3B	30	TC	2B	140.50	173.66
2	H4B90	35	BC	4B	30	TC	2B	168.60	208.39
3	H5B90	35	BC	5B	30	TC	2B	196.70	243.12
4	H3N90	35	BC	3N	30	TC	2B	212.20	243.56
5	F6B90	35 65	BC	5B 1B	30	TC	2B	224.80	277.85
6	F7B90	35 65	BC	5B 2B	30	TC	2B	252.90	312.58
7	H4N90	35	BC	4N	30	TC	2B	264.20	301.59
8	F8B90	35 65	BC	5B 3B	30	TC	2B	281.00	347.32
9	H5N90	35	BC	5N	30	TC	2B	316.20	359.62
10	H3T90	35	BC	3T	30	TC	2B	335.20	380.83
11	H4T90	35	BC	4T	30	TC	2B	428.20	484.62
12	H5T90	35	BC	5T	30	TC	2B	521.20	588.40

## 6.3.3.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H3B90	21.73	45.55	30.31	55.47	32.84	58.16
H4B90	27.25	46.65	37.30	56.86	40.28	56.64
H5B90	32.61	47.71	44.01	58.19	47.43	61.05
H3N90	32.50	46.64	44.01	56.85	47.43	59.62
F6B90	36.33	48.72	48.88	59.47	52.87	62.40
F7B90	39.95	49.70	53.60	60.71	57.95	63.71
H4N90	41.13	48.00	54.51	58.57	58.79	61.44
F8B90	43.47	50.64	58.23	61.91	62.87	64.98
H5N90	49.37	49.27	64.63	60.17	69.40	63.14
H3T90	51.59	47.86	67.56	58.38	72.50	61.24
H4T90	64.89	49.43	84.31	60.37	90.10	63.36
H5T90	76.98	50.85	99.89	62.16	106.51	65.25

## 6.3.4 VS18-120

## 6.3.4.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H4B90	35	BC	4B	30	TC	4B	224.80	277.85
2	H6B90	35	BC	6B	30	TC	4B	281.00	347.32
3	H4N90	35	BC	4N	30	TC	4B	320.40	371.05
4	H8B90	35	BC	8B	30	TC	4B	337.20	416.78
5	H10B90	35	BC	10B	30	TC	4B	393.40	486.24
6	H6N90	35	BC	6N	30	TC	4B	424.40	487.12
7	F12B90	35 65	BC	10B 2B	30	TC	4B	449.60	555.71
8	H4T90	35	BC	4T	30	TC	4B	484.40	554.08
9	F14B90	35 65	BC	10B 4B	30	TC	4B	505.80	625.17
10	H8N90	35	BC	8N	30	TC	4B	528.40	603.18
11	F16B90	35 65	BC	10B 6B	30	TC	4B	562.00	694.63
12	F18B90	35 65	BC	10B 8B	30	TC	4B	618.20	764.10
13	H10N90	35	BC	10N	30	TC	4B	632.40	719.25
14	H6T90	35	BC	6T	30	TC	4B	670.40	761.65
15	H8T90	35	BC	8T	30	TC	4B	856.40	969.23
16	H10T90	35	BC	10T	30	TC	4B	1042.40	1176.81

## 6.3.4.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H4B90	32.01	88.52	45.99	107.40	50.13	112.60
H6B90	43.99	90.78	60.62	110.26	65.68	115.64
H4N90	47.43	90.06	65.19	109.35	70.53	114.67
H8B90	55.13	92.93	74.59	112.97	80.55	118.51
H10B90	65.93	94.98	88.01	115.56	94.87	121.26
H6N90	65.67	92.90	88.01	112.93	94.86	118.48
F12B90	73.47	96.97	97.77	118.06	105.75	123.90
H4T90	74.87	91.82	99.33	111.57	107.31	117.03
F14B90	80.80	98.88	107.24	120.47	115.92	126.46
H8N90	83.11	95.55	109.05	116.28	117.59	122.02
F16B90	87.94	100.74	116.51	122.80	125.74	128.93
F18B90	94.86	102.53	125.58	125.06	135.35	131.33
H10N90	99.80	98.03	129.34	119.40	138.81	125.32
H6T90	104.32	95.25	135.21	115.89	145.02	121.60
H8T90	131.41	98.32	168.88	119.75	180.30	125.70
H10T90	156.21	101.08	200.32	123.22	213.32	129.38

## 6.3.5 VS20-60

## 6.3.5.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H3B90	35	BC	3B	30	TC	2B	140.50	173.66
2	H4B90	35	BC	4B	30	TC	2B	168.60	208.39
3	H5B90	35	BC	5B	30	TC	2B	196.70	243.12
4	H3N90	35	BC	3N	30	TC	2B	212.20	243.56
5	F6B90	35 65	BC	5B 1B	30	TC	2B	224.80	277.85
6	F7B90	35 65	BC	5B 2B	30	TC	2B	252.90	312.58
7	H4N90	35	BC	4N	30	TC	2B	264.20	301.59
8	F8B90	35 65	BC	5B 3B	30	TC	2B	281.00	347.32
9	H5N90	35	BC	5N	30	TC	2B	316.20	359.62
10	H3T90	35	BC	3T	30	TC	2B	335.20	380.83
11	H4T90	35	BC	4T	30	TC	2B	428.20	484.62
12	H5T90	35	BC	5T	30	TC	2B	521.20	588.40

## 6.3.5.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H3B90	25.01	49.88	33.52	59.50	36.08	62.08
H4B90	31.50	51.03	41.44	60.92	44.46	63.58
H5B90	37.79	52.13	49.06	62.29	52.53	65.02
H3N90	37.65	51.03	49.05	60.92	52.51	63.58
F6B90	42.40	53.20	54.84	63.61	58.85	66.41
F7B90	46.89	54.23	60.46	64.88	64.83	67.75
H4N90	47.82	52.46	61.12	62.70	65.41	65.45
F8B90	51.27	55.23	65.98	66.11	70.63	69.05
H5N90	57.56	53.81	72.77	64.36	77.54	67.20
H3T90	60.31	52.32	76.24	62.52	81.19	65.26
H4T90	76.24	54.01	95.68	64.60	101.48	67.46
H5T90	90.90	55.53	113.91	66.49	120.55	69.44

## 6.3.6 VS20-120

## 6.3.6.1 Definitie

i	CODE	ONDER			BOVEN			A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)
		Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type	Z (mm)	Z <sub>ref</sub>	Type		
1	H4B90	35	BC	4B	30	TC	4B	224.80	277.85
2	H6B90	35	BC	6B	30	TC	4B	281.00	347.32
3	H4N90	35	BC	4N	30	TC	4B	320.40	371.05
4	H8B90	35	BC	8B	30	TC	4B	337.20	416.78
5	H10B90	35	BC	10B	30	TC	4B	393.40	486.24
6	H6N90	35	BC	6N	30	TC	4B	424.40	487.12
7	F12B90	35 65	BC	10B 2B	30	TC	4B	449.60	555.71
8	H4T90	35	BC	4T	30	TC	4B	484.40	554.08
9	F14B90	35 65	BC	10B 4B	30	TC	4B	505.80	625.17
10	H8N90	35	BC	8N	30	TC	4B	528.40	603.18
11	F16B90	35 65	BC	10B 6B	30	TC	4B	562.00	694.63
12	F18B90	35 65	BC	10B 8B	30	TC	4B	618.20	764.10
13	H10N90	35	BC	10N	30	TC	4B	632.40	719.25
14	H6T90	35	BC	6T	30	TC	4B	670.40	761.65
15	H8T90	35	BC	8T	30	TC	4B	856.40	969.23
16	H10T90	35	BC	10T	30	TC	4B	1042.40	1176.81

## 6.3.6.2 Breukweerstand bij kamertemperatuur

CODE	DL = 0 mm		DL = 40 mm		DL = 50 mm	
	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	V <sub>Rd</sub> (kN)
H4B90	36.00	96.74	50.31	115.01	54.20	119.99
H6B90	50.63	99.08	67.04	117.90	72.16	123.03
H4N90	54.64	98.34	72.19	116.99	77.59	122.08
H8B90	63.70	101.31	82.88	120.64	88.91	125.92
H10B90	76.39	103.45	98.13	123.28	105.06	128.70
H6N90	76.07	101.31	98.11	120.64	105.02	125.92
F12B90	85.69	105.52	109.70	125.82	117.70	131.38
H4T90	87.03	100.20	111.22	119.27	119.23	124.48
F14B90	94.78	107.52	120.96	128.29	129.67	133.98
H8N90	96.58	104.08	122.27	124.05	130.83	129.52
F16B90	103.65	109.47	132.03	130.68	141.28	136.50
F18B90	112.30	111.35	142.87	132.99	152.66	138.94
H10N90	116.28	106.69	145.62	127.26	155.11	132.90
H6T90	121.87	103.80	152.59	123.71	162.41	129.15
H8T90	154.24	107.06	191.66	127.72	203.09	133.38
H10T90	184.20	135.16	228.42	131.35	241.44	137.20