



# Remmingwerk Vlielandbrug

Berekeningsrapportage

Opdrachtgever: Stadswerk072 NV

Referentie: INFR220449-R001

Revisie: 1

Datum: 15 september 2022

**Iv-Infra b.v.**

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document: Remmingwerk Vlielandbrug

Ondertitel document: Berekeningsrapportage

Referentie: INFR220449-R001

Revisie: 1

Datum: 15 september 2022

Opdrachtgever: Stadswerk072 NV

Projectnummer opdrachtgever:

Project: INFR220449



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1.	Projectomschrijving en locatie	5
1.2.	Doel van het document	5
1.3.	Object omschrijving	6
<b>2</b>	<b>Eisen, uitgangspunten en randvoorwaarden</b>	<b>10</b>
2.1.	Documenten	10
2.2.	Gebruikte software	10
2.3.	Levensduur, gevolgklasse en corrosie	11
2.4.	Peilen	11
2.5.	Scheepvaart	11
2.6.	Toegepast staal in de hoofddraagconstructie	11
2.7.	Geometrie	12
<b>3</b>	<b>Modellering / schematisering</b>	<b>13</b>
3.1.	Geometrie	13
3.1.1.	Buispalen	13
3.1.2.	Gordingen	14
3.2.	Modellering	14
3.2.1.	Verende lijnopleggingen	15
3.2.2.	Belastingen	15
3.2.3.	Controleslag D-Sheet	15
<b>4</b>	<b>Belastingen, factoren en combinaties</b>	<b>16</b>
4.1.	Belastingen	16
4.1.1.	Eigen gewicht en rustende belastingen	16
4.1.2.	Belasting vanuit aanvaring	16
<b>5</b>	<b>Resultaten</b>	<b>18</b>
5.1.	Algemeen	18
5.2.	Sterkteberekening buispalen	18
5.2.1.	Buispalen t.p.v. brugkelder	19
5.2.2.	Buispalen t.p.v. tussenpijler	19
5.3.	Sterkteberekening gordingen	20
5.4.	Detailberekening	21
5.4.1.	Klemconstructie	21
5.5.	Vervormingen	22



<b>BIJLAGEN</b>	<b>23</b>
A. Berekening aanvaarenergie	23
B. Berekeningsrapportage SCIA Engineer	24
C. Berekeningsrapportage D-Sheet Piling	25
D. Detailberekening klemconstructie	26

# 1 Inleiding

## 1.1. Projectomschrijving en locatie

De huidige houten remmingwerken van de gemeente Alkmaar bij de Vlielandbrug zijn aan het einde van de levensduur. Ten behoeve van de veiligheid en functionaliteit dienen de remmingwerken te worden vervangen.

In onderstaande figuur is de projectlocatie aangegeven, de remmingwerken staan in het Noordhollandschkanaal.



Figuur 1.1 - Projectlocatie

## 1.2. Doel van het document

In deze rapportage zijn de uitgangspunten en de resultaten van de berekeningen opgenomen ten behoeve van de nieuw te realiseren remmingwerken. In de berekeningen is de krachtwerking in de constructie bepaald. Aan de hand daarvan zijn de constructieonderdelen gedimensioneerd en getoetst. Dit betreft de buispalen, gordingen en de klemconstructie.

### 1.3. Object omschrijving

De huidige houten remmingwerken zijn opgebouwd uit houten palen en gordingen. Ter plaatse van de tussenpijler zijn de remmingwerken vormgegeven middels puntstukken, aan de andere zijde van de doorvaart, t.p.v. de brugkelder, betreft het een rechte constructie die onder een hoek ten opzichte van de vaarweg staat.



Figuur 1.2 – Aanzicht zuidzijde



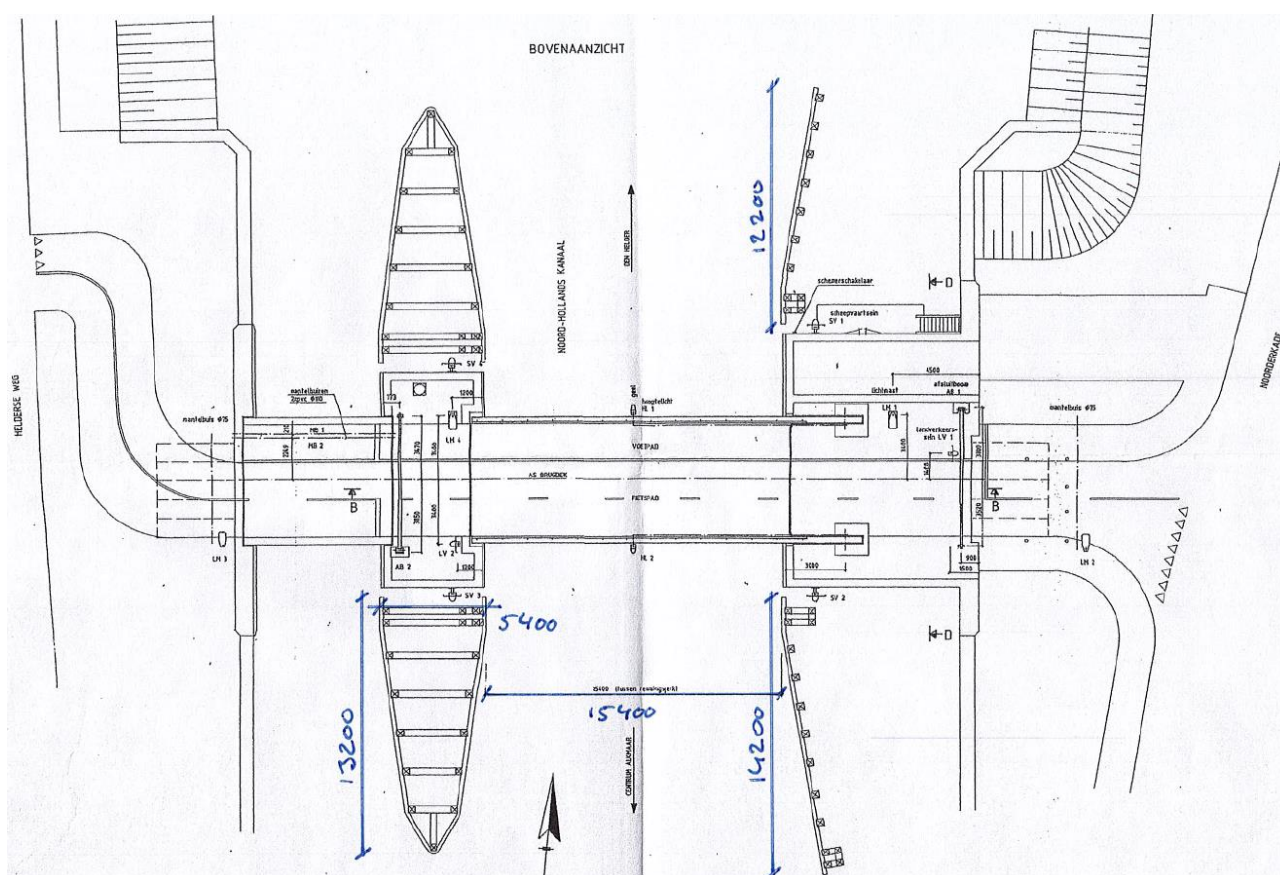
Figuur 1.3 – Aanzicht noordzijde

De remmingwerken zijn aan de achterzijde voorzien van een bordes ten behoeven van de bereikbaarheid / onderhoudbaarheid van het SVS. Dit dient terug te komen in het ontwerp van de nieuwe remmingwerken.



Figuur 1.4 – Bordessen t.b.v. bereikbaarheid SVS

Hieronder wordt de algemene geometrie van de remmingwerken weergegeven. De totale lengte van de remmingwerken bedraagt circa 13,2 en 12,2 / 14,2 meter voor respectievelijk de remmingwerken ter plaatse van de tussenpijler en de brugkelder. De puntstukken hebben een breedte van 5,4 meter. De doorvaart is 15,4 meter breed (15,5 meter tussen de wrijfstrippen op de pijlers).



Figuur 1.5 – Algemene geometrie (architectekening)



De nieuw te realiseren remmingwerken worden opgebouwd uit stalen buispalen en gordingen. Over de hoogte worden drie gordingen toegepast, die de afstand tussen de buispalen overspannen. Op de gordingen worden UHMWPE wrijfstrippen toegepast.

Het ontwerp van de remmingwerken t.p.v. de tussenpijler is gebaseerd op de remmingwerken bij de Tesselsebrug, zie onderstaande figuur.



Figuur 1.6 - Remmingwerken Tesselsebrug, te Alkmaar



## 2 Eisen, uitgangspunten en randvoorwaarden

### 2.1. Documenten

Hieronder volgen de gebruikte documenten, tekeningen, normen en richtlijnen.

	Document / Tekening	Versie / datum
1	INFR220449 – Startnotitie – Vervangen remmingwerken Vlielandbrug	23 juni 2022
2	315748-1000-A - Huiswaarder fietsbrug (Vlielandbrug) Bovenbouw opstellingstekening	November 1990
3	BM210611 - Geotechnisch waterbodemonderzoek	23 november 2021

Tabel 2.1 – Projectdocumenten

	Normen en richtlijnen	
4	NEN-EN 1990	Grondslagen voor het constructieve ontwerp
5	NEN-EN 1991-1-1	Belastingen op constructies
6	NEN-EN 1993-1-1	Ontwerp en berekeningen van staalconstructies
7	NEN-EN 1997-1	Geotechnisch ontwerp – Algemene regels
8	CUR 166	Damwandconstructies
9	RVW 2020	Richtlijnen Vaarwegen
10	EAU 2012	Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways
11	ERBI Deel 2	Eisen en Richtlijnen Bouw- en Infraobjecten - Kunstwerken

Tabel 2.2 – Normen en richtlijnen

### 2.2. Gebruikte software

- SCIA Engineer 21.0
- D-Sheet Piling 18.1.1.2
- Microsoft Excel



### 2.3. Levensduur, gevolgklasse en corrosie

De staalconstructies van de remmingwerken dienen minimaal een levensduur van 60 jaar te hebben. De gevolgklasse van de remmingwerken is klasse 2, conform de NEN-EN 1990.

De constructies komen in het water te staan. Dit betekent dat corrosie kan optreden. Volgens de CUR166 bedraagt de corrosie, voor schoon zoet water (rond de waterlijn), 1,40mm/100jaar. Dit betekent een totale afname van de wanddikte aan de buitenzijde van de paal van 0,84mm.

Aangezien het maximum moment onder het bodemniveau (op ca. NAP -6,25m) optreedt en de kans op corrosie op die diepte erg klein is, is er geen overdikte benodigd.

### 2.4. Peilen

- Waterstand: NAP -0,50m
- Maatgevend Hoogwater: NAP -0,30m
- Maatgevend Laagwater: NAP -0,70m
- Waterbodemdikte: ca. NAP -3,10m tot -4,00m

### 2.5. Scheepvaart

Voor de schepen worden de volgende afmetingen en massa's aangenomen (CEMT klasse IV):

- Breedte: 9,60m
- Lengte: 86,00m
- Diepgang: 3,00m
- Tonnage: 1500ton
- Aanvaarsnelheid: 6,00km/h

De remmingwerken worden uitgevoerd onder een hoek van 1:6 met de vaarwegas. Voor de belasting op de remmingwerken wordt daarnaast rekening gehouden met een additionele hoek van 5° ten opzichte van de vaarwegas. De totale hoek waaronder de belasting aangrijpt bedraagt ca. 14,46°.

### 2.6. Toegepast staal in de hoofddraagconstructie

In de berekeningen wordt uitgegaan van sterkteklasse S355 voor de buizen en voor alle overige stalen onderdelen van de remmingwerken.

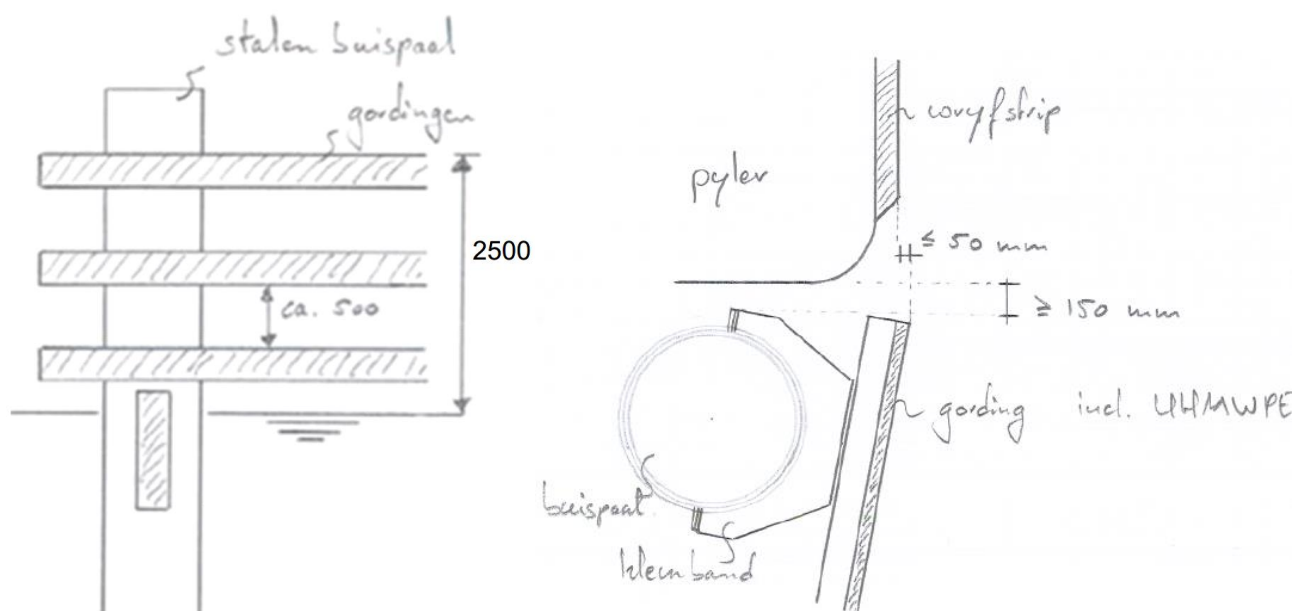
De materiaaleigenschappen daarvan zijn als volgt, conform de NEN-EN 1993-1-1:

- $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
- $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
- $f_u = 490 \text{ N/mm}^2$

## 2.7. Geometrie

Opbouw remmingwerken conform de Richtlijnen Vaarwegen:

- Bovenkant bovenste gording 2,5m boven MHWS;
- De verticale gordingafstand moet zodanig worden gekozen dat de (duw-) steven van een schip niet de constructie raakt waar de gordingen op bevestigd zijn, deze maat bedraagt ongeveer 0,5 m, dit levert tevens een goede windbeschutting;
- Om beklemd raken van schepen te voorkomen moet de onder zijde van het geleide- of remmingwerk worden doorgezet tot 0,5 m beneden de lage maatgevende waterstand en/of het minimum schutpeil door middel van een gording onder water of met behulp van op de palen aangebrachte klossen;
- Het geleidewerk moet in onbelaste toestand tenminste 150 mm vrij blijven van het landhoofd / de pijlers van de brug en mag ter weerszijden niet meer dan 50 mm versmalling van de doorvaartopening van de vaarweg geven.



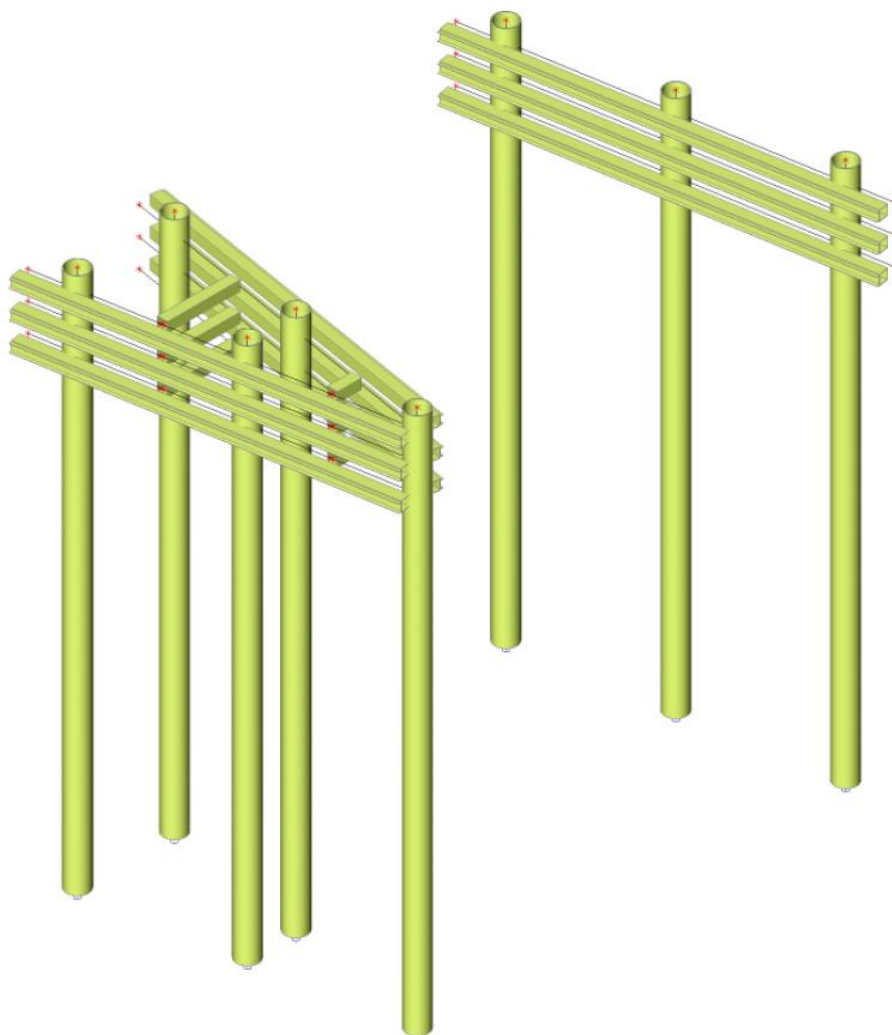
Figuur 2.1 – Opbouw remmingwerk cf. RVW

## 3 Modelling / schematisering

### 3.1. Geometrie

#### 3.1.1. Buispalen

De diameter van de stalen buispalen bedraagt  $\text{\O}762\text{mm}$ , de wanddikte bedraagt 20mm voor de palen t.p.v. de tussenpijler en 25mm voor de palen t.p.v. de brugkelder. De onderlinge afstand van de palen is ca. 5,1m\*. Het paalkopniveau komt op NAP +2,8m en het paalpuntniveau komt op NAP -16,0m. De totale lengte van één buispaal bedraagt 18,8m.



Figuur 3.1 – Isometrisch aanzicht rekenmodel

\* De palen van het remmingwerk aan de zuidoostzijde hebben een grotere h-o-h afstand, ca. 6,1m, dit is gecontroleerd middels een berekening en heeft een verwaarloosbare invloed op de resultaten, zie ook hoofdstuk 5.

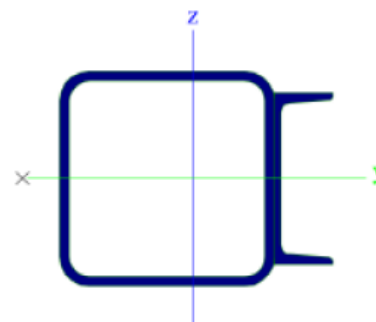


### 3.1.2. Gordingen

De gordingen worden opgebouwd uit kokerprofielen 350x350x16mm gecombineerd met een UNP280, verticale h-o-h afstand 975mm. De NAP hoogtes van het hart van de gordingen bedragen NAP +0,175m, +1,150m en +2,125m.

De hoogtes van de gordingen zijn bepaald conform de RVW 2020. Voor vaarwegklasse CEMT IV geldt:

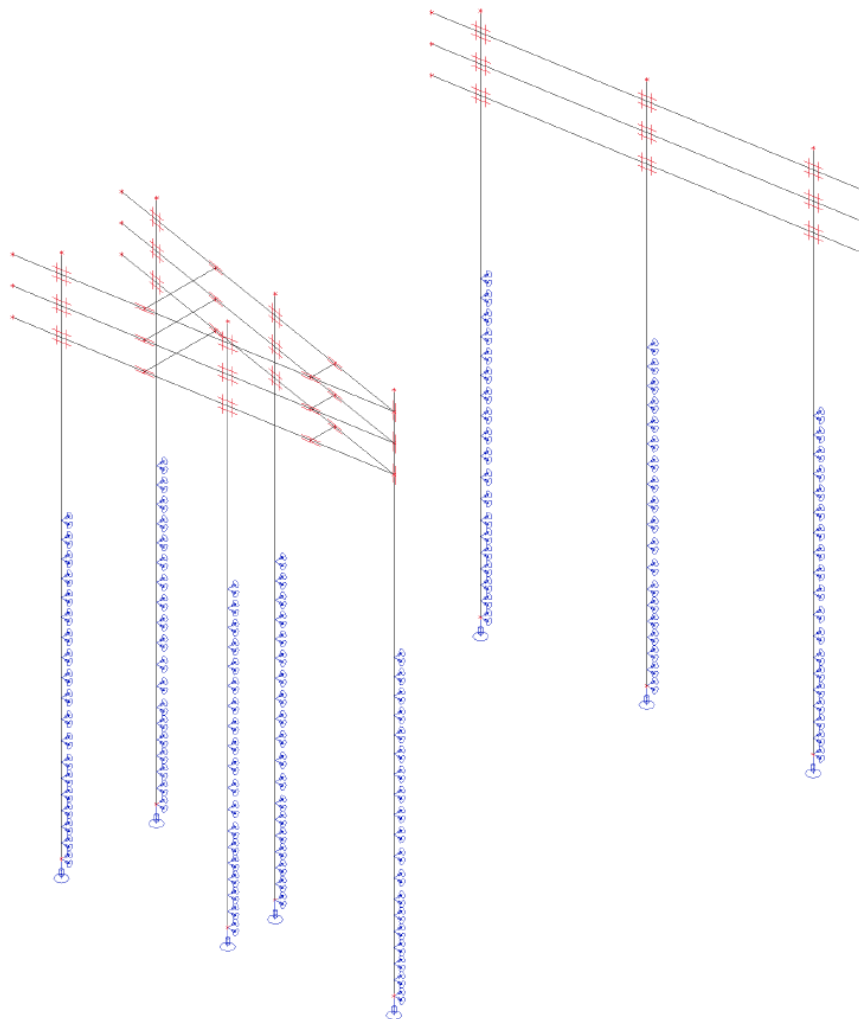
- Bovenkant bovenste gording 2,50m boven MHWS.



Figuur 3.2 - Doorsnede gording

### 3.2. Modelling

Het remmingwerk is als staafconstructie gemodelleerd in SCIA Engineer, zie ook Bijlage B. Voor het paaldeel in de bodem is per grondlaag een verende lijnoplegging ingevoerd, zie Figuur 3.3, waarbij de veerstijfheid afkomstig is uit Tabel 3.1.



Figuur 3.3 - Modelling incl. verende lijnoplegging



### 3.2.1. Verende lijnopleggingen

De stijfheid van de lijnopleggingen is afhankelijk van de grondlagen. De bodemopbouw is aan de hand van de sonderingen bepaald. De relevante sonderingen zijn S03 t/m S06. Hieronder zijn de parameters voor sondering S05 gegeven:

Grondsoort	Van [NAP]	Tot [NAP]	$\gamma_n/\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'$ [°]	$\delta$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_c$ MPa	$E_m$ MPa	groep	talud [-]	$E_m$ (red) MPa	alpha -	Beddingconstante <sup>a</sup> [kN/m <sup>3</sup> ]	$D_{eq}$ [m]	$kh^b$ [kN/m <sup>2</sup> ]
slib	mv	-5,5	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-	-
zand	-5,5	-8,5	-	-	-	-	10,0	8,50	1,00	1,00	8,50	0,33	46085	0,76	35117
zand	-8,5	-11,0	-	-	-	-	15,0	12,75	1,00	1,00	12,75	0,33	69128	0,76	52675
zand	-11,0	-13,0	-	-	-	-	10,0	8,50	1,00	1,00	8,50	0,33	46085	0,76	35117
zand	-13,0	-14,0	-	-	-	-	4,0	3,40	1,00	1,00	3,40	0,33	18434	0,76	14047
zand	-14,0	-15,0	-	-	-	-	10,0	8,50	1,00	1,00	8,50	0,33	46085	0,76	35117
zand	-15,0	-16,0	-	-	-	-	15,0	12,75	1,00	1,00	12,75	0,33	69128	0,76	52675
zand	-16,0	-17,5	-	-	-	-	8,0	6,80	1,00	1,00	6,80	0,33	36868	0,76	28094
zand	-17,5	-25,0	-	-	-	-	1,0	0,85	1,00	1,00	0,85	0,33	4609	0,76	3512

Tabel 3.1 – Grondparameters op basis van sondering S05

In geval van een kortdurende stootbelasting mogen de verende lijnopleggingen worden vermenigvuldigd met een factor 2,5. Hieruit volgen iets grotere krachten op de constructie en iets kleinere vervormingen van de constructie, dit is gecontroleerd.

### 3.2.2. Belastingen

De belasting door aanvaring is afhankelijk van de op te nemen energie en locatie waarop de belasting aangrijpt. De energieberekening is uitgevoerd conform de EAU 2012. De maximale aanvaarbeasting zal altijd op de onderste gording optreden, omdat de veerstijfheid, en dus ook de aanvaarkracht, ten opzichte van de middelste en bovenste gording hier het grootst is.

De aanvaarbeasting en de verplaatsing worden bepaald door een iteratief proces toe te passen tussen SCIA en Excel, hierbij worden uiteindelijk waardes gevonden welke gelijk zijn aan elkaar.

### 3.2.3. Controleslag D-Sheet

In D-Sheet is een controleslag uitgevoerd, waarbij de bodem gecontroleerd is op bezwijken, zie Bijlage C. De grondparameters zijn afkomstig uit Tabel 3.1 en zijn samengesteld op basis van de sonderingen.

In D-Sheet wordt uitgegaan van één te dimensioneren buispaal. Dit in tegenstelling tot SCIA waar het model is opgebouwd uit meerdere buispalen, welke onderling zijn gekoppeld door de gordingen. Om een vergelijking te kunnen maken tussen het model in D-Sheet en dat in SCIA wordt de buispaal in het D-Sheet model ondersteund door een verend steunpunt. De gebruikte veerconstante is bepaald o.b.v. de vervormingen, afkomstig uit het iteratief proces uitgevoerd tussen SCIA en Excel. Door het toepassen van de veer wordt het effect van de krachtsoverdracht door de gordingen naar de naastliggende palen gesimuleerd.

Op basis van de berekening in D-Sheet wordt het paalpunt niveau bepaald, welke wordt verwerkt in het model in SCIA. Afhankelijk van de uitkomst wordt wederom een iteratief proces toegepast tussen SCIA en Excel. D-Sheet wordt in deze berekening niet gebruikt om de constructie te toetsen op sterkte en vervormingen.



## 4 Belastingen, factoren en combinaties

### 4.1. Belastingen

#### 4.1.1. Eigen gewicht en rustende belastingen

Het eigen gewicht van de gordingen en buispalen is meegenomen in de berekening in SCIA, belastinggeval BG1. De rustende belastingen (bevestigingsmiddelen, wrijfstijlen, etc.) zijn niet in rekening gebracht daar zij een verwaarloosbaar klein aandeel hebben in de spanningen en vervormingen van de hoofdconstructie.

#### 4.1.2. Belasting vanuit aanvaring

De op te nemen energie bedraagt 97 kNm, zie Bijlage A.

Per remmingwerk zijn een aantal aanvaarlocaties geanalyseerd. In Tabel 4.1 en Tabel 4.2 zijn de stootbelastingen weergegeven, zie tevens Bijlage A en Bijlage B.

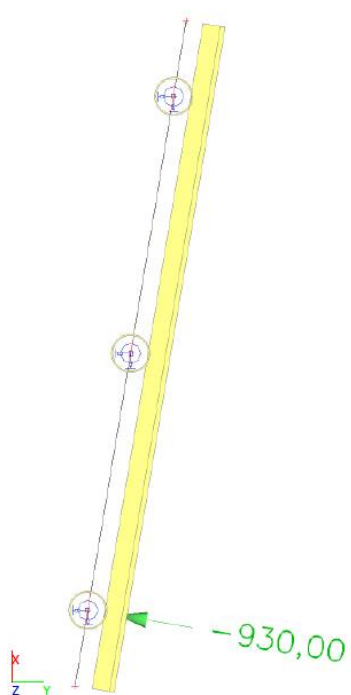
Belasting per locatie	$F_{\text{eenh}}$ (kN)	$\delta$ (mm)	$k_d$ (kN/m)	$F_{\text{optr}}$ (kN)	$u_{\text{optr}}$ (mm)	$E_{\text{opg}}$ (kNm)
Remmingwerk kelderpijler (oost)						
Paal 1	930	208	4.471	931	208	97
Gording - paal 1-2	1.165	166	7.018	1.167	166	97
Paal 2	1.305	149	8.758	1.304	149	97
Uiteinde gording	725	267	2.715	726	267	97

Tabel 4.1 – Remmingwerken brugkelder (oost)

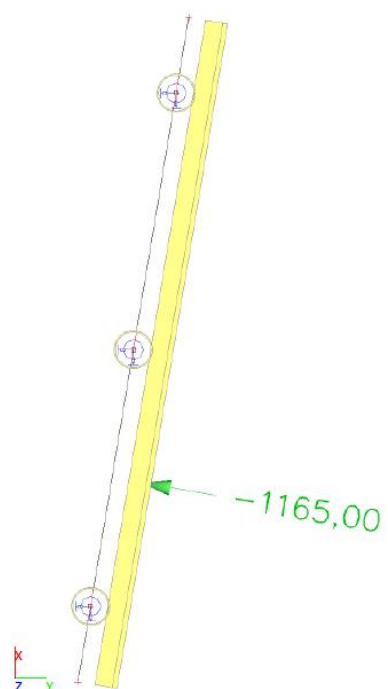
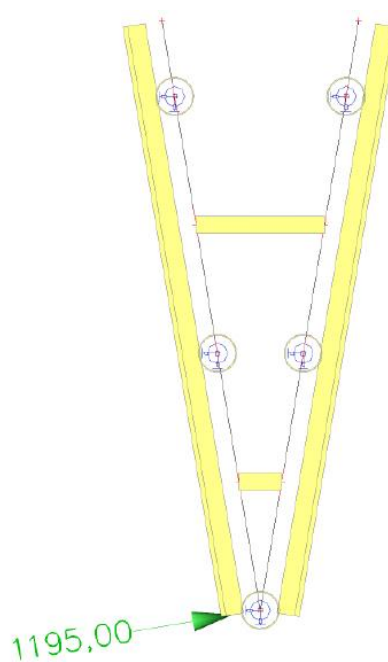
Belasting per locatie	$F_{\text{eenh}}$ (kN)	$\delta$ (mm)	$k_d$ (kN/m)	$F_{\text{optr}}$ (kN)	$u_{\text{optr}}$ (mm)	$E_{\text{opg}}$ (kNm)
Remmingwerk tussenpijler (west)						
Paal 1	1.195	163	7.331	1.193	163	97
Gording - paal 1-2	1.510	128	11.797	1.513	128	97
Paal 2	1.740	112	15.536	1.736	112	97
Gording - paal 2-3	1.555	125	12.440	1.554	125	97
Paal 3	1.200	162	7.407	1.199	162	97
Uiteinde gording	905	214	4.229	906	214	97

Tabel 4.2 - Remmingwerken tussenpijler (west)

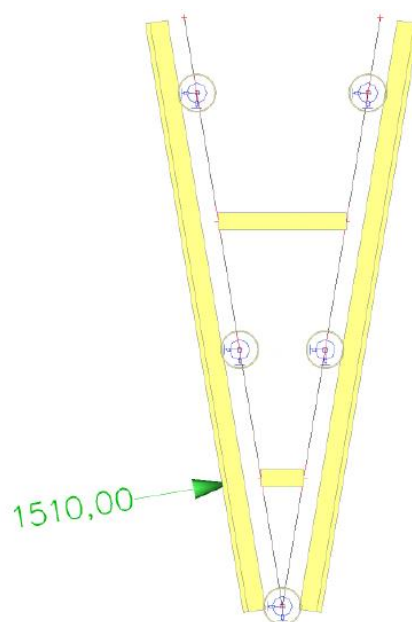
Hieronder worden de belastingen weergegeven voor de locaties "Paal 1" en "Gording - paal 1-2". Voor de overige belastinggevallen wordt verwezen naar de bijlagen.



Figuur 4.1 – Belasting t.p.v. Paal 1



Figuur 4.2 – Belasting t.p.v. Gording - paal 1-2



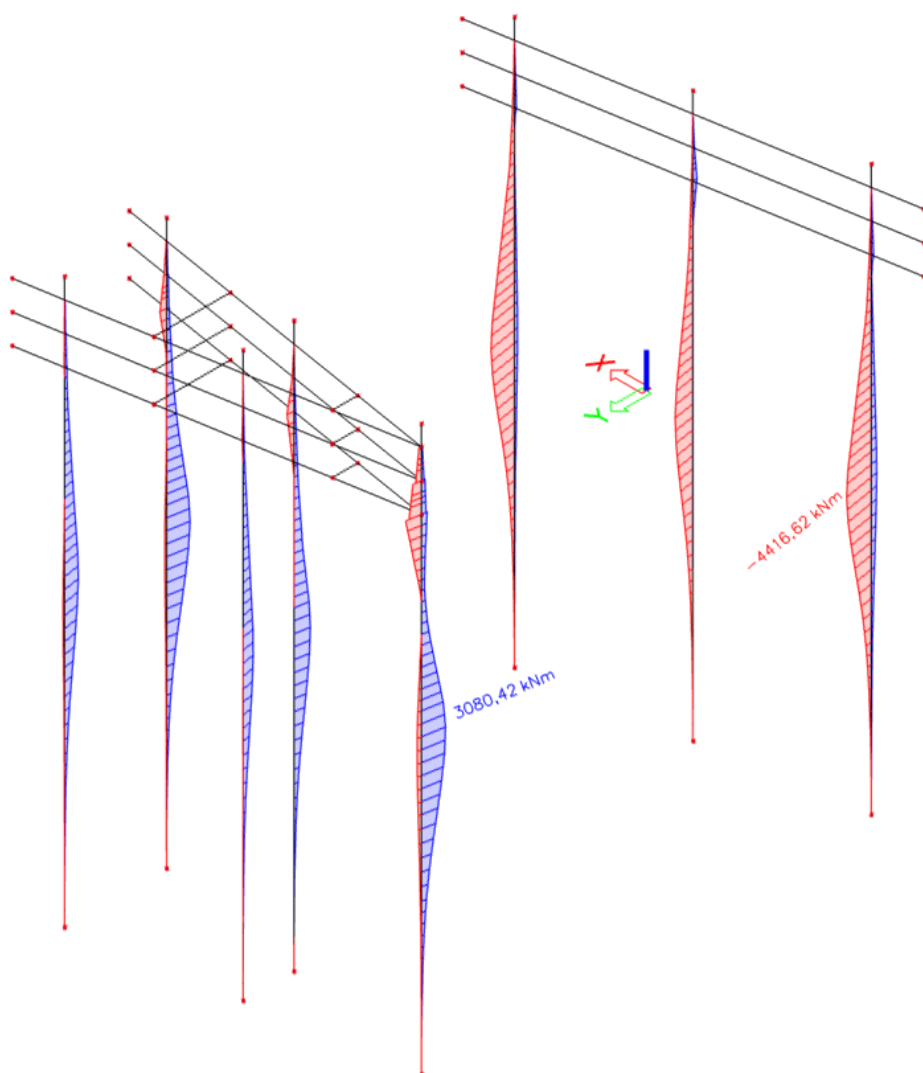
## 5 Resultaten

### 5.1. Algemeen

Zowel de buispalen als de gordingen zijn getoetst op sterkte. De berekeningsresultaten zijn te vinden in Bijlage B. Hierbij is geen rekening gehouden met een frontale aanvaring van het remmingwerk. Een dergelijke belasting zou leiden tot bezwijken van zowel (delen van) het schip als (een deel van) het remmingwerk. De kans op een dergelijke aanvaring wordt zeer klein geacht.

### 5.2. Sterkteberekening buispalen

De buispalen worden belast op buiging. In onderstaande figuur worden de momentenlijnen t.g.v. de resultaatklasse "Alle UGT" weergegeven.



Figuur 5.1 - Momentenlijnen t.g.v. resultaatklasse "Alle UGT"



### 5.2.1. Buispalen t.p.v. brugkelder

Het maximale moment in de buispalen Ø762x25 treedt op ten gevolge van belastingcombinatie "Combi1" (hierin worden het eigen gewicht en een aanvaring op de onderste gording, ter plaatse van de buitenste buispaal gecombineerd). Het niveau waarop het moment optreedt is ca. NAP -6,25m en de waarde bedraagt 4417kNm.

De plastische momentcapaciteit van de buispaal Ø762mm, t=25mm, sterkteklasse S355, is 4822kNm.

$$UC = 4417 / 4822 = 0,92^* < 1,0 \text{ VOLDOET}$$

### 5.2.2. Buispalen t.p.v. tussenpijler

Het maximale moment in de buispalen Ø762x20 treedt op ten gevolge van belastingcombinatie "Combi1" (hierin worden het eigen gewicht en een aanvaring op de onderste gording, ter plaatse van de buispaal aan de voorzijde van het puntstuk gecombineerd). Het niveau waarop het moment optreedt is ca. NAP -6,25m en de waarde bedraagt 3080kNm.

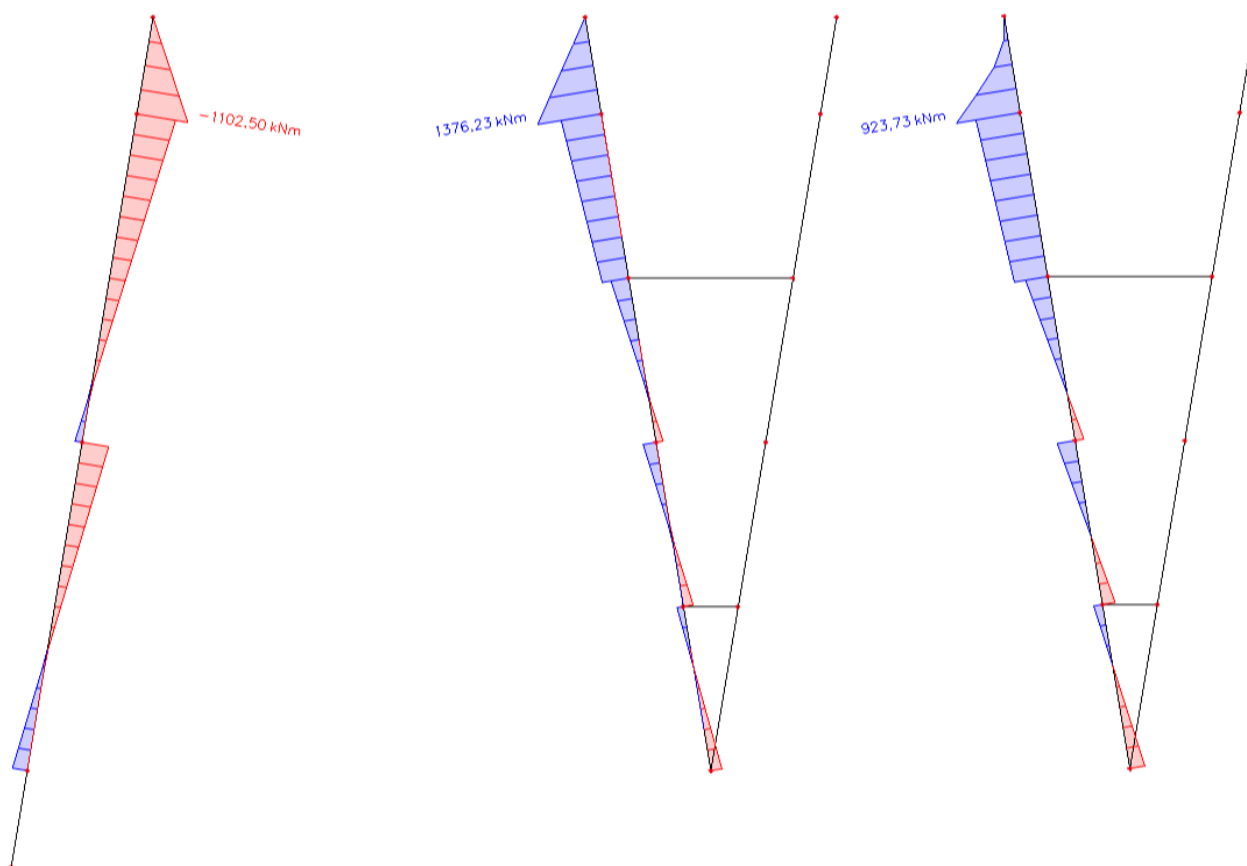
De plastische momentcapaciteit van de buispaal Ø762mm, t=20mm, sterkteklasse S355, is 3910kNm.

$$UC = 3080 / 3910 = 0,79 < 1,0 \text{ VOLDOET}$$

\* De palen van het remmingwerk aan de zuidoostzijde hebben een grotere h-o-h afstand, ca. 6,1m, dit is gecontroleerd middels een berekening en heeft een verwaarloosbare invloed op de resultaten. Het maatgevende belastinggeval wijzigt nauwelijks, door de geringe spreiding van krachten richting de naastgelegen buispaal. De UC van de buispalen neemt toe van 0,92 naar 0,93. De verplaatsing neemt toe van ca. 327mm naar ca.329mm. De maatgevende krachten in de gordingen blijven ongewijzigd.

### 5.3. Sterkteberekening gordingen

Het maximale moment in de gording treedt op ten gevolge van belastingcombinatie "Combi6" (hierin worden het eigen gewicht en een aanvaring op het uiteinde van de onderste gording gecombineerd). De waarde bedraagt 1376kNm voor de remmingwerken t.p.v. de tussenpijler en 1103kNm voor de remmingwerken t.p.v. de brugkelder.



Figuur 5.2 - Momentenlijnen t.g.v. belastingcombinatie "Combi6"

De plastische momentcapaciteit van het samengestelde gordingprofiel, sterkteklasse S355, is 1183kNm.

$$UC = 1376 / 1183 = 1,16 > 1,0 \text{ VOLDOET NIET}$$

$$UC = 1103 / 1183 = 0,93 < 1,0 \text{ VOLDOET}$$

De belasting is gemodelleerd middels een puntlast en aangebracht op een enkele gording. Dit is een conservatieve benadering en zal in de praktijk niet optreden. Er is een controleslag uitgevoerd, waarbij de belasting is aangebracht middels een lijnlast met een lengte van 1m (Belastinggeval "BG8"). Hieruit volgt een maximaal moment ter grootte van 924kNm voor de remmingwerken t.p.v. de tussenpijler. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat de gordingen voldoen op sterkte.

$$UC = 924 / 1183 = 0,78 < 1,0 \text{ VOLDOET}$$



## 5.4. Detailberekening

### 5.4.1. Klemconstructie

De klemconstructie op de buispaal moet in staat zijn om het eigen gewicht van de gordingen te dragen, de krachten door aanvaring te weerstaan en deze krachten over te dragen naar de rest van de constructie. De volgende onderdelen van de klemconstructie zijn berekend:

- De klemplaat 315x20mm S355;
- De koppeling van de klemplaat (bouten M36, sterkteklasse 8.8).

Op de klemconstructie werkt zowel een verticale als horizontale belasting. Conservatief zijn hiervoor de maximaal optredende dwarskrachten in de gordingen gecombineerd.

- Verticale belasting: 262 kN
- Horizontale belasting: 905 kN

De belasting resulteert in het volgende resultaat (zie ook Bijlage D):

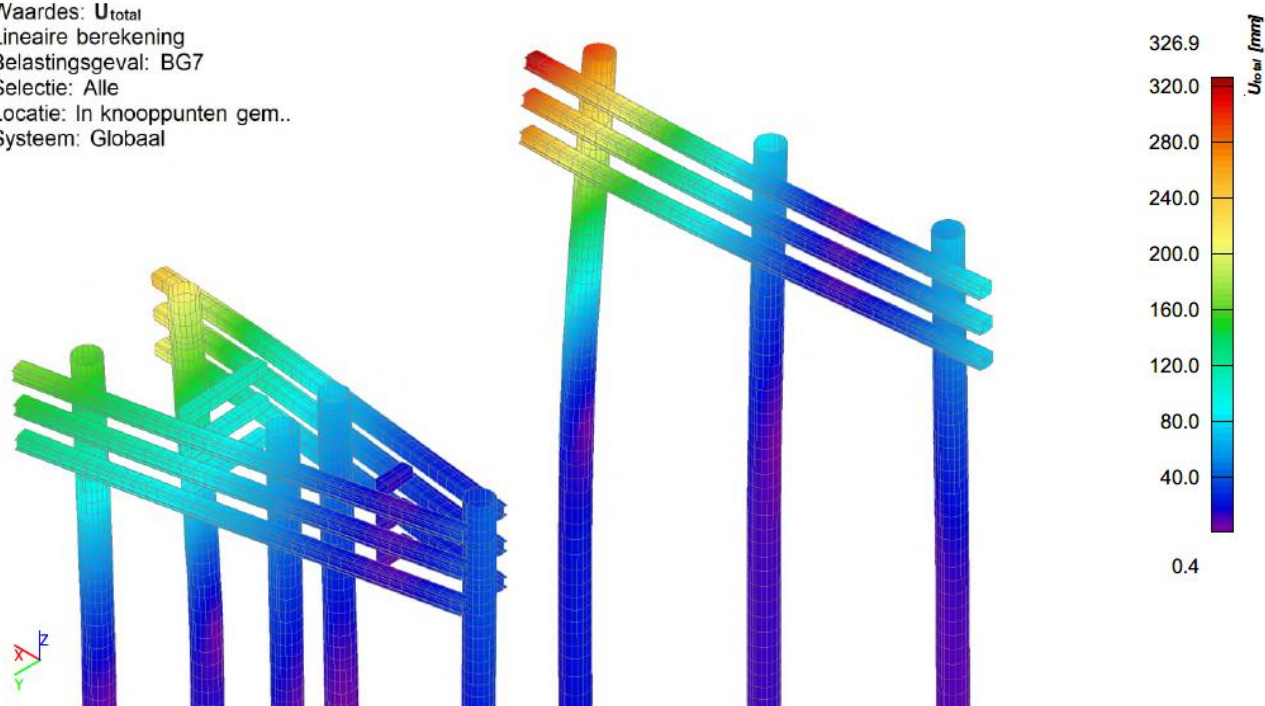
- UC sterkte klemring:  $0,41 < 1,0$  VOLDOET
- Maatgevende UC bout M24:  $0,97 < 1,0$  VOLDOET

Uit de berekening volgt ook de benodigde voorspankracht om de vereiste klemspanning te realiseren. Deze voorspankracht bedraagt 230 kN per bout. Dit kan ook praktisch opgelost worden door een steunnok op de buispaal te lassen om te voorkomen dat de gording kan zakken.

## 5.5. Vervormingen

De maximale vervorming van de remmingwerken bedraagt ca. 327mm\*. De onderste gording verplaatst hierbij ca. 262mm en 208mm voor respectievelijk de remmingwerken ter plaatse van de brugkelder en de tussenpijler. Dit wordt acceptabel geacht.

Waardes:  $U_{total}$   
Lineaire berekening  
Belastingsgeval: BG7  
Selectie: Alle  
Locatie: In knooppunten gem..  
Systeem: Globaal



Figuur 5.3 - Maximale vervorming t.p.v. brugkelder en tussenpijler

\* De palen van het remmingwerk aan de zuidoostzijde hebben een grotere h-o-h afstand, ca. 6,1m, dit is gecontroleerd middels een berekening en heeft een verwaarloosbare invloed op de resultaten. Het maatgevende belastinggeval wijzigt nauwelijks, door de geringe spreiding van krachten richting de naastgelegen buispaal. De UC van de buispalen neemt toe van 0,92 naar 0,93. De verplaatsing neemt toe van ca. 327mm naar ca.329mm. De maatgevende krachten in de gordingen blijven ongewijzigd.



## BIJLAGEN

### A. Berekening aanvaarenergie

# Remmingwerk Vlielandbrug

## Botskrachtberekening

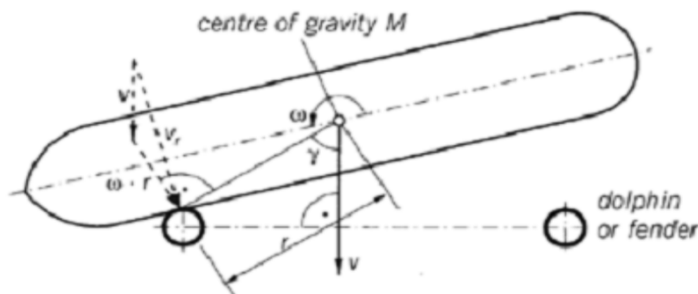
Opsteller: B. van Aken

Datum: 4 juli 2022

Revisie: 0



Berekening energie bij aanvaring op een paal conform EAU 2012



Gegevens		Binnevaart	
Lengte schip	$l_s$	=	86 m
Breedte schip	$b_s$	=	9,6 m
Diepgang schip	$d_s$	=	3,0 m
Massa schip	$m_s$	=	1,50E+06 kg
Arm massacentrum - paal	$a$	=	25,80 m
Waterdiepte	$h$	=	3,50 m
Snelheid schip op botspunt loodrecht op remmingwerk	$v_y$	=	0,42 m/s

### Algemene rekenparameters

	$b$	= $b_s / 2$	=	4,80 m
Diepte onder het schip	$c$	= $h - d_s$	=	0,50 m

### Bepaling massa factor

Massa factor	$C_m$	=	1,75 -
--------------	-------	---	--------

The designer is recommended [] to use the following values:

• for a large clearance under the keel (0.5 t)  $C_m = 1.5$

• for a small clearance under the keel (0.1 t)  $C_m = 1.8$

where  $t$  is the draught of the ship [m]

### Bepaling stijfheidsfactor

Stijfheidsfactor	$C_s$	=	0,9 -
------------------	-------	---	-------

A value of  $C_s = 0.90$  to  $1.0$  may be assumed. The upper limit value applies to soft dolphins and smaller ships with stiffer sides, the lower one for hard dolphins and larger ships with relatively soft sides. Please also refer to R 111, section .

### Bepaling excentriciteitsfactor

Massatraagheidsradius	$k_r$	= $0,29 * l_s$	=	24,94 m
Loodrechte afstand massazwaartepunt schip tot paal	$r_{loodrecht}$	= $1/5 * l_s/2$	=	25,80 m
Afstand massazwaartepunt schip tot paal	$r$	= $\sqrt{((b_s/2)^2 + r_{loodrecht}^2)}$	=	26,24 m
Excentriciteitsfactor	$C_e$	= $k_r^2 / (k_r^2 + r^2)$	=	0,47 -

### Berekening energie

Energie schip	$E$	= $1/2 * m_s * C_m * C_s * C_e * v_y^2$	=	97 kNm
---------------	-----	---	---	--------

### Bepaling reactiekracht (afhankelijk van veerstijfheid bodem en paal)

Eenheidslast	$F_{eenh}$	=	930 kN	
Vervorming door eenheidslast t.p.v. botspunt	$d$	=	208 mm	
Veerstijfheid t.p.v. botspunt	$k_d$	= $F_{eenh} / d$	=	4471 kN/m
Optredende reactiekracht	$F_{optr}$	= $\sqrt{E * 2 * k_d}$	=	931 kN
Optredende vervorming	$u_{optr}$	= $F_{optr} / k_d$	=	208 mm
Controle opgenomen energie	$E_{opg}$	= $0,5 * F_{optr} * u_{optr}$	=	97 kNm

**In tabelvorm per locatie**

Belasting per locatie	F <sub>eeenh</sub> (kN)	d (mm)	k <sub>d</sub> (kN/m)	F <sub>optr</sub> (kN)	u <sub>optr</sub> (mm)	E <sub>opg</sub> (kNm)
Remmingwerk oost						
Paal 1	930	208	4.471	931	208	97
Gording - paal 1-2	1.165	166	7.018	1.167	166	97
Paal 2	1.305	149	8.758	1.304	149	97
Uiteinde gording	725	267	2.715	726	267	97

Belasting per locatie	F <sub>eeenh</sub> (kN)	d (mm)	k <sub>d</sub> (kN/m)	F <sub>optr</sub> (kN)	u <sub>optr</sub> (mm)	E <sub>opg</sub> (kNm)
Remmingwerk west						
Paal 1	1.195	163	7.331	1.193	163	97
Gording - paal 1-2	1.510	128	11.797	1.513	128	97
Paal 2	1.740	112	15.536	1.736	112	97
Gording - paal 2-3	1.555	125	12.440	1.554	125	97
Paal 3	1.200	162	7.407	1.199	162	97
Uiteinde gording	905	214	4.229	906	214	97



## B. Berekeningsrapportage SCIA Engineer



## 1. Inhoudsopgave

<b>1. Inhoudsopgave</b>	<b>1</b>
<b>2. Project</b>	<b>2</b>
<b>3. Rekenmodel</b>	<b>3</b>
3.1. Materialen	3
3.2. Doorsneden	4
3.3. Ondersteuningen	8
<b>4. Belastingen en combinaties</b>	<b>10</b>
4.1. Belastingsgevallen	10
4.1.1. Belastingsgevallen - BG1	10
4.1.2. Belastingsgevallen - BG2	11
4.1.3. Belastingsgevallen - BG3	12
4.1.4. Belastingsgevallen - BG4	13
4.1.5. Belastingsgevallen - BG5	14
4.1.6. Belastingsgevallen - BG6	15
4.1.7. Belastingsgevallen - BG7	16
4.1.8. Belastingsgevallen - BG8	17
4.2. Combinaties	18
4.3. Resultaatklassen	18
<b>5. Resultaten</b>	<b>19</b>
5.1. Interne 1D-krachten	19
5.2. 1D-ervormingen	22
5.3. 3D verplaatsing; U_total	22

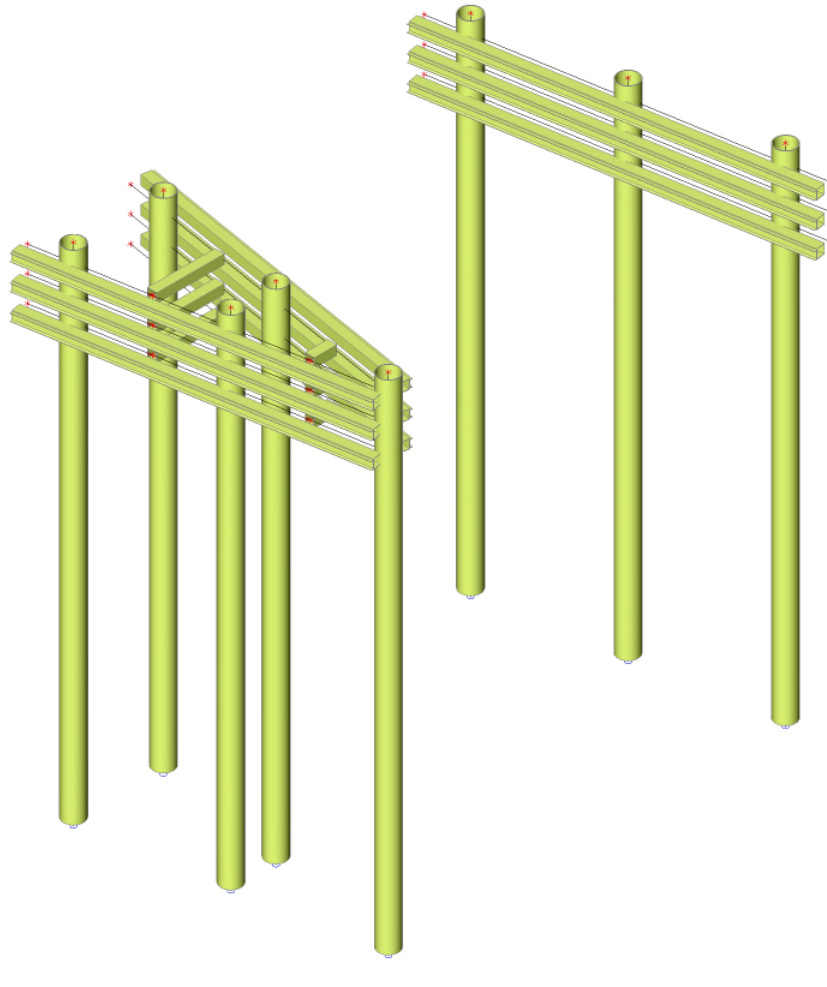


## 2. Project

Project	Remmingwerk Vlielandbrug
Onderdeel	Berekeningsrapportage
Omschrijving	Bijlage B - Berekeningsrapportage SCIA Engineer
Auteur	B. van Aken
Datum	04 juli 2022
Constructie	Algemeen XYZ
Nationale norm	NEN



### 3. Rekenmodel



#### 3.1. Materialen

Staal	
S355	
Thermisch uitz. [m/mK]	0,00
Massa eenheid [kg/m <sup>3</sup> ]	7850,0
E-mod [MPa]	2,1000e+05
Poisson - nu	0.3
Onafhankelijke G-modulus	Nee
G-mod [MPa]	8,0769e+04
Log. decrement (niet-uniforme damping enkel)	0.025
Kleur	<span style="color: green;">■</span>
Therm. exp. (brand) [m/mK]	0,00
Specifieke hitte [J/gK]	6,0000e-01
Thermische geleiding [W/mK]	4,5000e+01
Fu [MPa]	510,0
Fy [MPa]	355,0

Verklaring van symbolen	
Log. decrement (niet-uniforme damping enkel)	Deze materiaal dempingseigenschap is enkel toegepast in het geval van het niet-uniform is demping is geactiveerd voor dynamische analyse (zie project functionaliteit). Gelieve op te merken, dat niet-uniforme demping een specifieke licentie benodigd, welke geen deel uit maakt van het standaard dynamische pakket.



### 3.2. Doorsneden

CS1		
Type	CHSCF762.0/25.0	
Vormnorm	3 - Cirkelvormige holle doorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S355	
Bouwwijze	koudgevormd	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	b	b
A [m <sup>2</sup> ]	5,7900e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,6850e-02	3,6850e-02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	2,3900e+00	4,6305e+00
c <sub>y,UCS</sub> [mm], c <sub>z,UCS</sub> [mm]	381	381
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,9346e-03	3,9346e-03
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	261	261
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,0327e-02	1,0327e-02
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,3370e-02	1,3370e-02
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	4,82e+06	4,82e+06
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	4,82e+06	4,82e+06
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	7,8692e-03	1,3944e-36
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
Vormnorm	d - Diameter w - Dikte
A	Gebied
A <sub>y</sub>	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
A <sub>z</sub>	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
A <sub>L</sub>	Omtrek per eenheidslengte
A <sub>D</sub>	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
c <sub>y,UCS</sub>	Zwaartepunt coördinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
c <sub>z,UCS</sub>	Zwaartepunt coördinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
I <sub>y,LCS</sub>	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
I <sub>z,LCS</sub>	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
I <sub>yz,LCS</sub>	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I <sub>y</sub>	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I <sub>z</sub>	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i <sub>y</sub>	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as

Verklaring van symbolen	
i <sub>z</sub>	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
W <sub>el,y</sub>	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W <sub>el,z</sub>	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
W <sub>pl,y</sub>	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W <sub>pl,z</sub>	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
M <sub>pl,y,+</sub>	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
M <sub>pl,y,-</sub>	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
M <sub>pl,z,+</sub>	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
M <sub>pl,z,-</sub>	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d <sub>y</sub>	Afschuif middencoördinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
d <sub>z</sub>	Afschuif middencoördinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
I <sub>t</sub>	Torsie constante
I <sub>w</sub>	Welvings constante
β <sub>y</sub>	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β <sub>z</sub>	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as



CS2		
Type	CHSCF762.0/20.0	
Vormnorm	3 - Cirkelvormige holle doorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S355	
Bouwwijze	koudgevormd	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	b	b
A [m <sup>2</sup> ]	4,6600e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,9680e-02	2,9680e-02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	2,3900e+00	4,6619e+00
c <sub>y,UCS</sub> [mm], c <sub>z,UCS</sub> [mm]	381	381
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,2108e-03	3,2108e-03
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	262	262
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,4270e-03	8,4270e-03
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,0840e-02	1,0840e-02
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	3,91e+06	3,91e+06
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	3,91e+06	3,91e+06
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	6,4217e-03	1,2703e-36
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
Vormnorm	d - Diameter w - Dikte
A	Gebied
A <sub>y</sub>	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
A <sub>z</sub>	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
A <sub>L</sub>	Omtrek per eenheidslengte
A <sub>D</sub>	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
c <sub>y,UCS</sub>	Zwaartepunt coördinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
c <sub>z,UCS</sub>	Zwaartepunt coördinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
I <sub>y,LCS</sub>	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
I <sub>z,LCS</sub>	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
I <sub>yz,LCS</sub>	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I <sub>y</sub>	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I <sub>z</sub>	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i <sub>y</sub>	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as

Verklaring van symbolen	
i <sub>z</sub>	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
W <sub>el,y</sub>	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W <sub>el,z</sub>	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
W <sub>pl,y</sub>	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W <sub>pl,z</sub>	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
M <sub>pl,y,+</sub>	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
M <sub>pl,y,-</sub>	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
M <sub>pl,z,+</sub>	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
M <sub>pl,z,-</sub>	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d <sub>y</sub>	Afschuif middencoördinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
d <sub>z</sub>	Afschuif middencoördinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
I <sub>t</sub>	Torsie constante
I <sub>w</sub>	Welvings constante
β <sub>y</sub>	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β <sub>z</sub>	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as




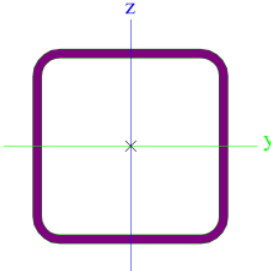
CS3		
Type	Grafische doorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S355	
Bouwwijze	Algemeen	
Kleur	■	
Knik y-y, Knik z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,5600e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,2452e-02	1,4577e-02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,7001e+00	2,9169e+00
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	42	0
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	4,2733e-04	5,3819e-04
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	129	145
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,4419e-03	2,3585e-03
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	3,0167e-03	3,3319e-03
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	1,07e+06	1,07e+06
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	1,18e+06	1,18e+06
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	-277	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	8,2752e-06	2,1164e-05
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	500
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A <sub>y</sub>	Afschuioppervlak in hoofd y-richting
A <sub>z</sub>	Afschuioppervlak in hoofd z-richting
A <sub>L</sub>	Omtrek per eenheidslengte
A <sub>D</sub>	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
C <sub>y,UCS</sub>	Zwaartepunt coördinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
C <sub>z,UCS</sub>	Zwaartepunt coördinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
I <sub>y,LCS</sub>	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
I <sub>z,LCS</sub>	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
I <sub>yz,LCS</sub>	Product moment van het gebied in het LCS systeem

Verklaring van symbolen	
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I <sub>y</sub>	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I <sub>z</sub>	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i <sub>y</sub>	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i <sub>z</sub>	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
W <sub>el,y</sub>	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W <sub>el,z</sub>	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
W <sub>pl,y</sub>	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W <sub>pl,z</sub>	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
M <sub>pl,y,+</sub>	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment

Verklaring van symbolen	
M <sub>pl,y,-</sub>	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
M <sub>pl,z,+</sub>	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
M <sub>pl,z,-</sub>	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d <sub>y</sub>	Afschuif middencoördinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
d <sub>z</sub>	Afschuif middencoördinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
I <sub>t</sub>	Torsie constante
I <sub>w</sub>	Welvings constante
β <sub>y</sub>	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β <sub>z</sub>	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as



CS4		
Type	SHSCF350/350/16.0	
Vormnorm	2 - Rechthoekige kokerdoorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S355	
Bouwwijze	koudgevormd	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	b	b
A [m <sup>2</sup> ]	2,0300e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,0128e-02	1,0128e-02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,3200e+00	2,5340e+00
c <sub>y,UCS</sub> [mm], c <sub>z,UCS</sub> [mm]	175	175
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,6511e-04	3,6511e-04
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	134	134
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,0860e-03	2,0860e-03
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,4880e-03	2,4880e-03
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	8,82e+05	8,82e+05
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	8,82e+05	8,82e+05
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	6,1481e-04	7,0029e-06
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
Vormnorm	h - Hoogte b - Breedte s - Dikte r - Buitenstraal r1 - Binnenstraal
A	Gebied
A <sub>y</sub>	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
A <sub>z</sub>	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
A <sub>L</sub>	Omtrek per eenheidslengte
A <sub>D</sub>	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
c <sub>y,UCS</sub>	Zwaartepunt coördinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
c <sub>z,UCS</sub>	Zwaartepunt coördinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
I <sub>y,LCS</sub>	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
I <sub>z,LCS</sub>	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
I <sub>yz,LCS</sub>	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I <sub>y</sub>	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I <sub>z</sub>	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i <sub>y</sub>	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as

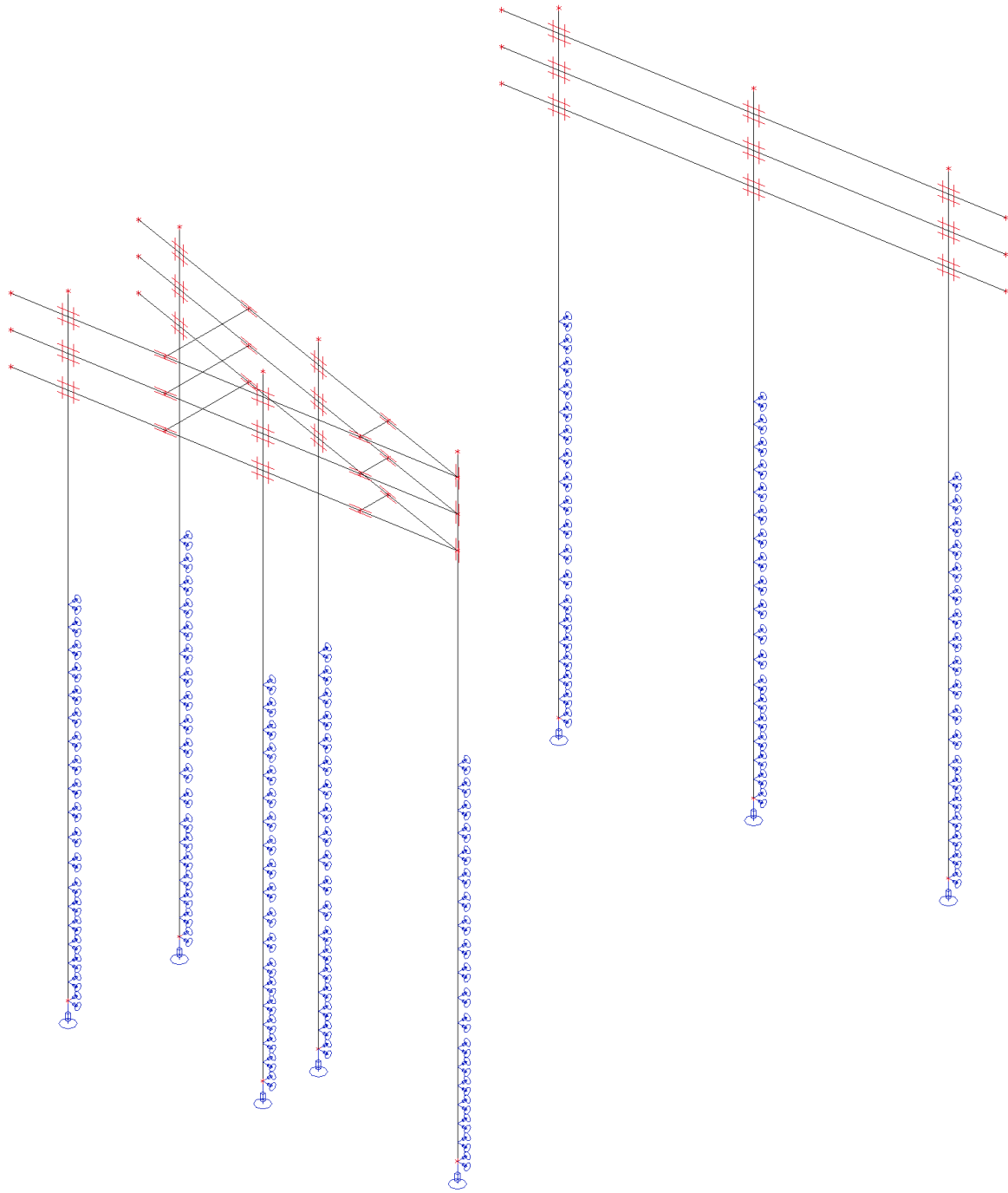
Verklaring van symbolen	
i <sub>z</sub>	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
W <sub>el,y</sub>	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W <sub>el,z</sub>	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
W <sub>pl,y</sub>	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W <sub>pl,z</sub>	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
M <sub>pl,y,+</sub>	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
M <sub>pl,y,-</sub>	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
M <sub>pl,z,+</sub>	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
M <sub>pl,z,-</sub>	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d <sub>y</sub>	Afschuif middencoördinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
d <sub>z</sub>	Afschuif middencoördinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
I <sub>t</sub>	Torsie constante
I <sub>w</sub>	Welvings constante
β <sub>y</sub>	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β <sub>z</sub>	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as



**3.3. Ondersteuningen**

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn1	K2	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2	K4	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3	K6	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4	K9	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5	K10	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K45	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn10	K48	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn11	K49	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij

Slb1									
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn						
Pos x1 [m], Pos x2 [m]	0,000	1,000							
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde							
X, Stijfheid X [MN/m²], Functie X	Verend	5,2675e+01							
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Functie Y	Verend	5,2675e+01							
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Functie Z	Vrij								
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Functie Rx	Vrij								
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Functie Ry	Vrij								
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Functie Rz	Vrij								
Slb6									
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn						
Pos x1 [m], Pos x2 [m]	1,000	2,000							
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde							
X, Stijfheid X [MN/m²], Functie X	Verend	3,5117e+01							
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Functie Y	Verend	3,5117e+01							
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Functie Z	Vrij								
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Functie Rx	Vrij								
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Functie Ry	Vrij								
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Functie Rz	Vrij								
Slb11									
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn						
Pos x1 [m], Pos x2 [m]	2,000	3,000							
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde							
X, Stijfheid X [MN/m²], Functie X	Verend	1,4047e+01							
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Functie Y	Verend	1,4047e+01							
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Functie Z	Vrij								
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Functie Rx	Vrij								
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Functie Ry	Vrij								
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Functie Rz	Vrij								
Slb16									
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn						
Pos x1 [m], Pos x2 [m]	3,000	5,000							
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde							
X, Stijfheid X [MN/m²], Functie X	Verend	3,5117e+01							
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Functie Y	Verend	3,5117e+01							
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Functie Z	Vrij								
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Functie Rx	Vrij								
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Functie Ry	Vrij								
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Functie Rz	Vrij								
Slb21									
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn						
Pos x1 [m], Pos x2 [m]	5,000	7,500							
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde							
X, Stijfheid X [MN/m²], Functie X	Verend	5,2675e+01							
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Functie Y	Verend	5,2675e+01							
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Functie Z	Vrij								
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Functie Rx	Vrij								
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Functie Ry	Vrij								
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Functie Rz	Vrij								
Slb26									
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn						
Pos x1 [m], Pos x2 [m]	7,500	10,500							
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde							
X, Stijfheid X [MN/m²], Functie X	Verend	3,5117e+01							
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Functie Y	Verend	3,5117e+01							
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Functie Z	Vrij								
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Functie Rx	Vrij								
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Functie Ry	Vrij								
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Functie Rz	Vrij								



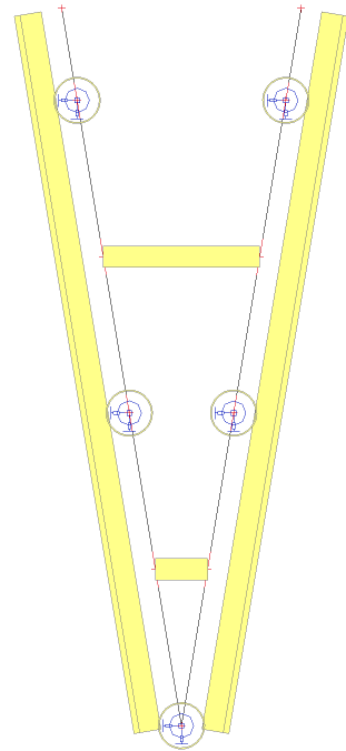
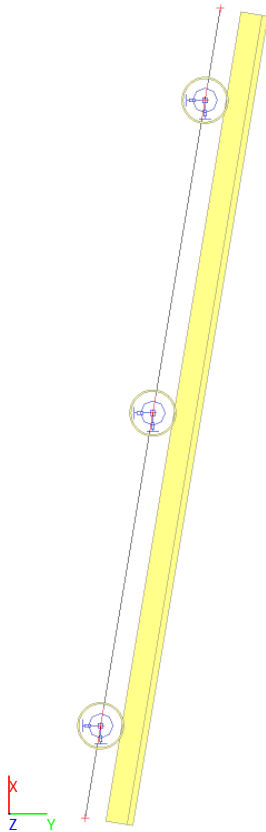


## 4. Belastingen en combinaties

### 4.1. Belastingsgevallen

#### 4.1.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Richting
	Spec	Belastingtype		
BG1	Eigen gewicht	Permanent Eigen gewicht	LG1	-Z

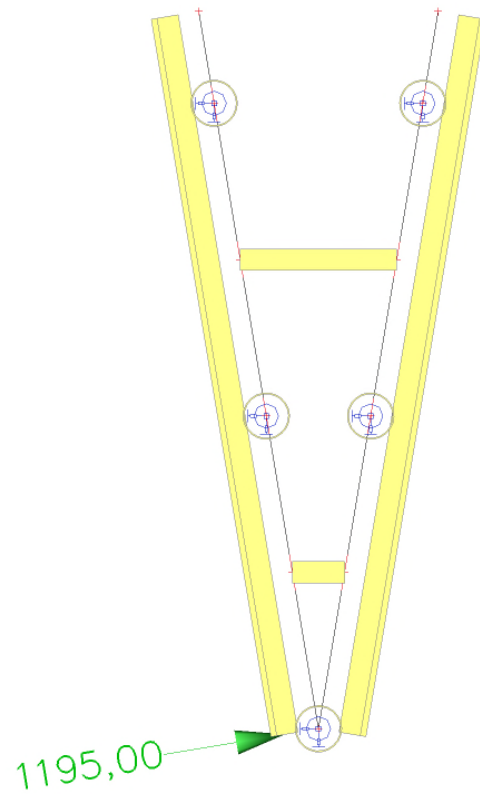
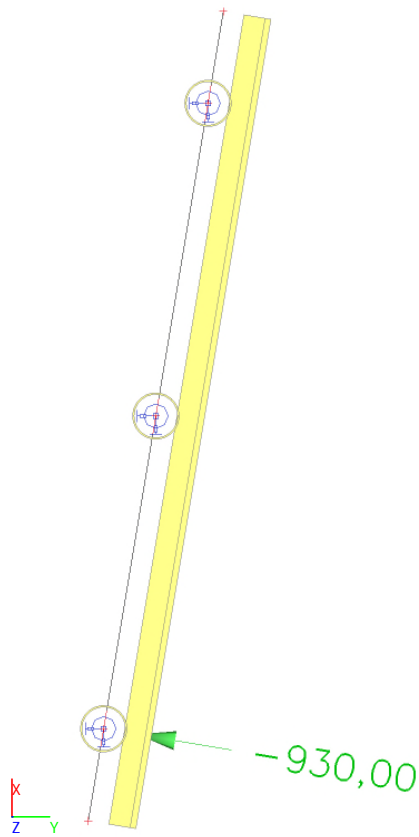




4.1.2. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG2	Locatie 1 Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	StAAF	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb1	S8 BG2 - Locatie 1	LCS Y	1195,00 Kracht	0.000	Rela Vanaf begin	1
Fb13	S29 BG2 - Locatie 1	LCS Y	-930,00 Kracht	0.114	Rela Vanaf begin	1

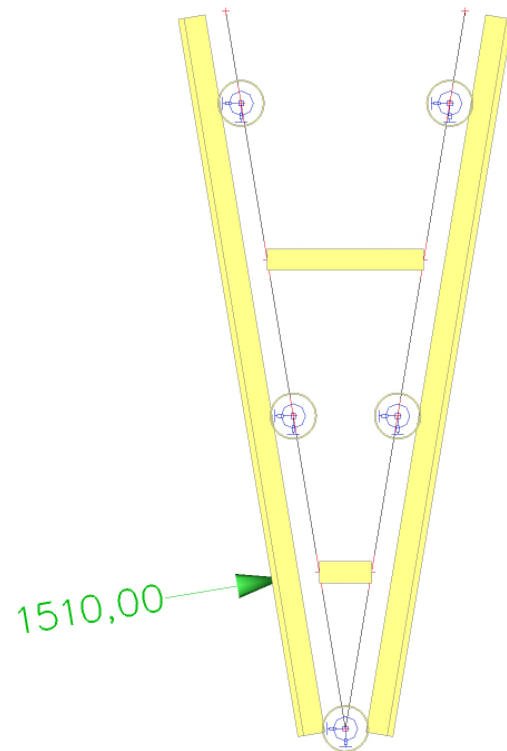
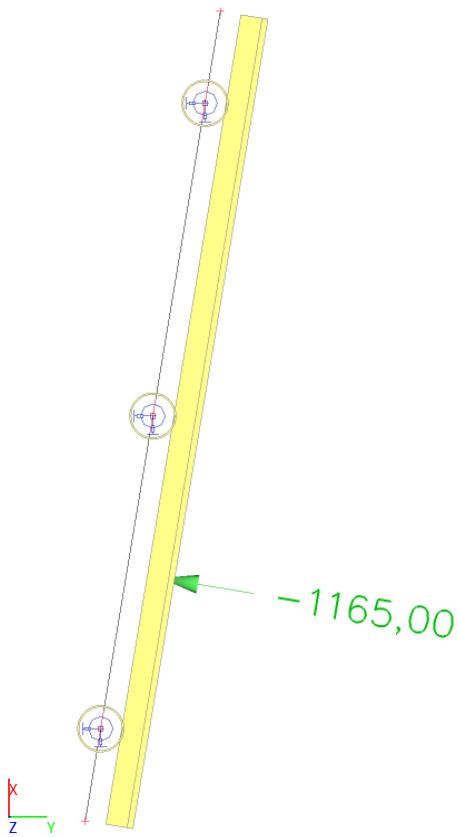




4.1.3. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG3	Locatie 2 Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb2	S8 BG3 - Locatie 2	LCS Y	1510,00 Kracht	0.218	Rela Vanaf begin	1
Fb14	S29 BG3 - Locatie 2	LCS Y	-1165,00 Kracht	0.307	Rela Vanaf begin	1

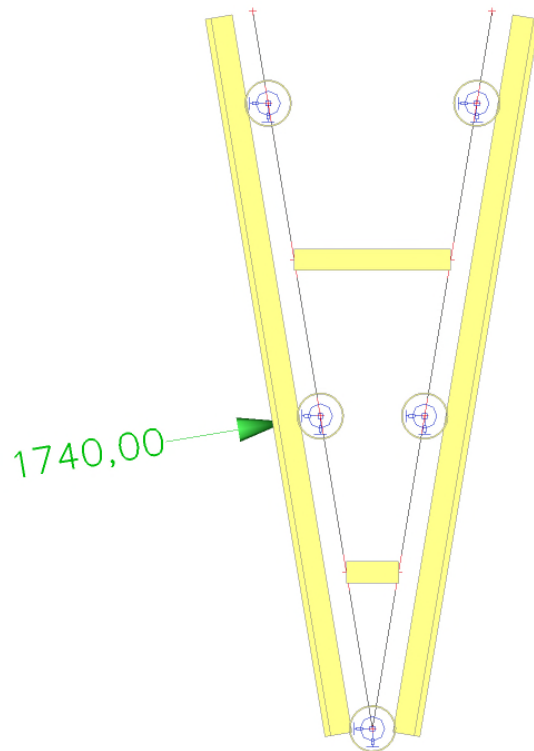
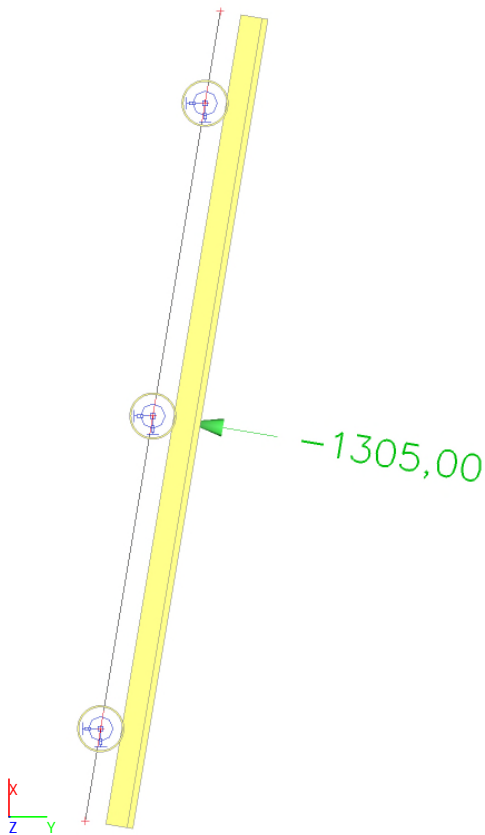




4.1.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG4	Locatie 3 Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb3	S8 BG4 - Locatie 3	LCS Y	1740,00 Kracht	0.436	Rela Vanaf begin	1
Fb15	S29 BG4 - Locatie 3	LCS Y	-1305,00 Kracht	0.500	Rela Vanaf begin	1

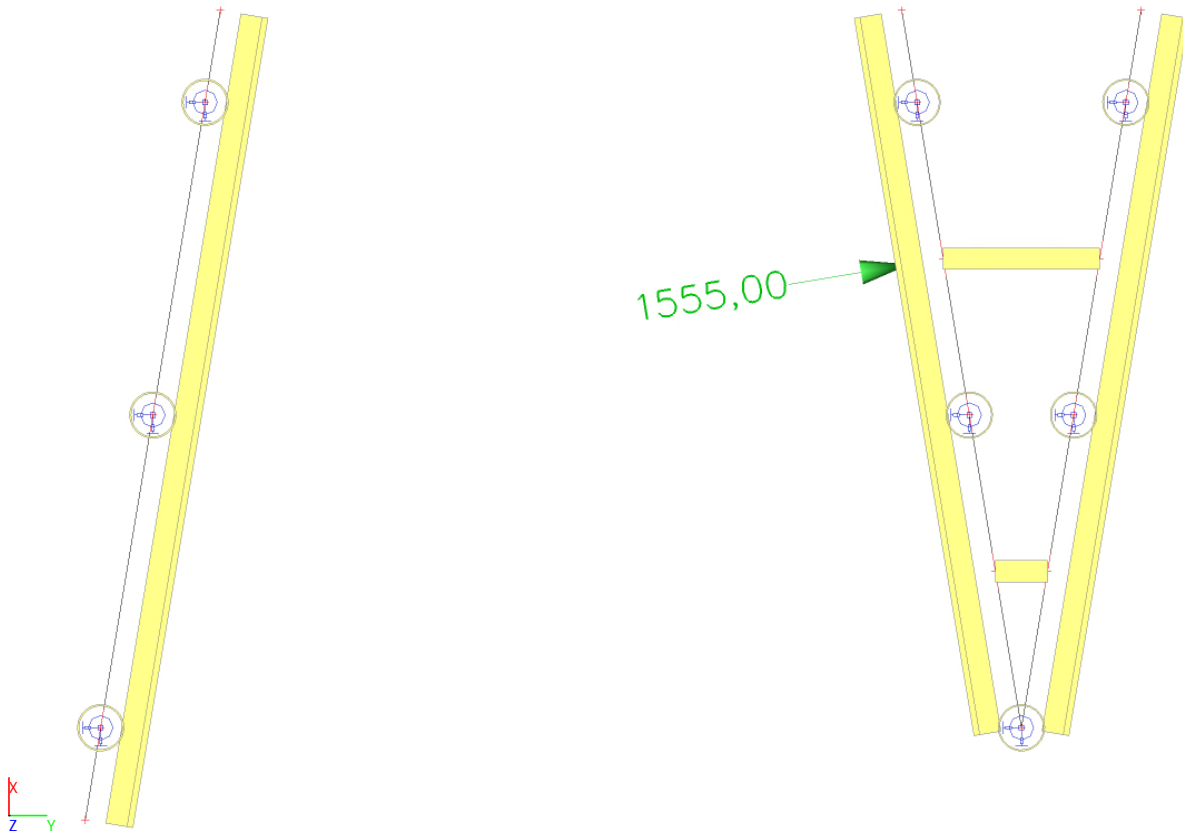




4.1.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG5	Locatie 4 Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	StAAF	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb4	S8 BG5 - Locatie 4	LCS Y	1555,00 Kracht	0.654	Rela Vanaf begin	1

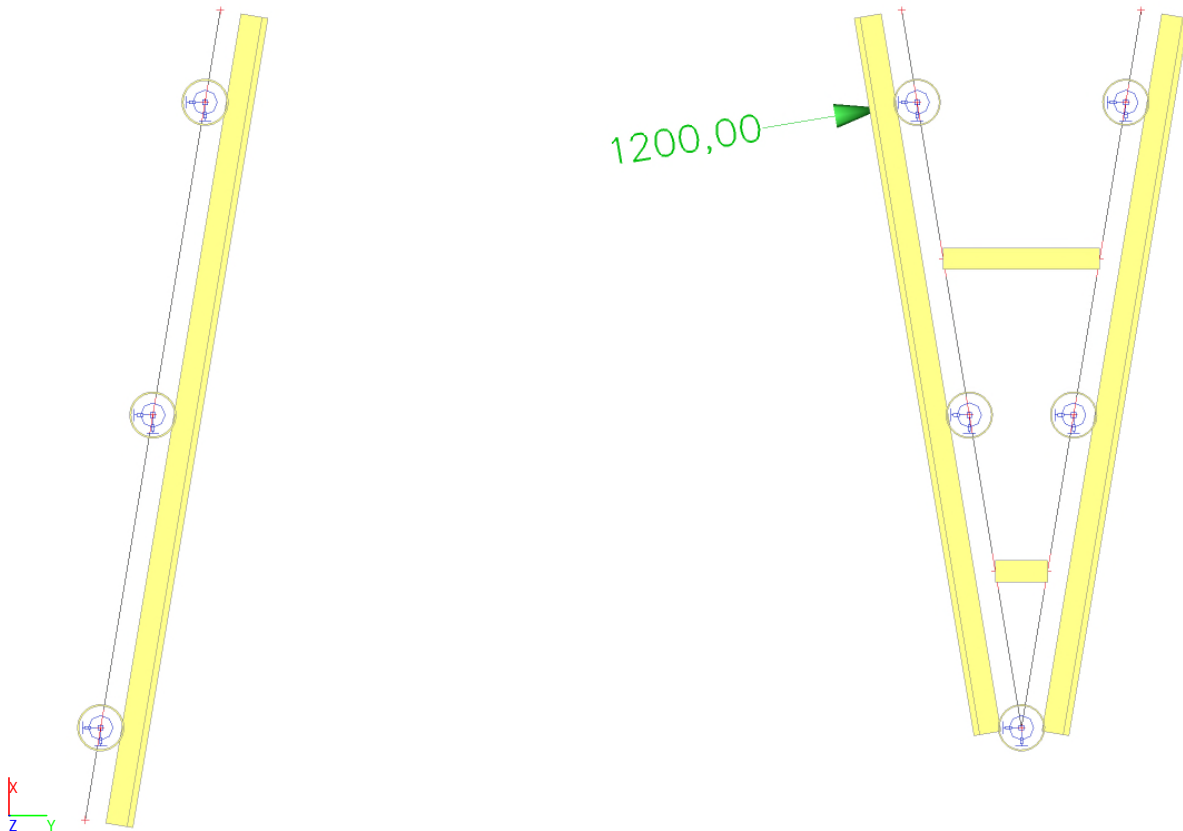




4.1.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG6	Locatie 5 Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	StAAF	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb5	S8 BG6 - Locatie 5	LCS Y	1200,00 Kracht	0.872	Rela Vanaf begin	1

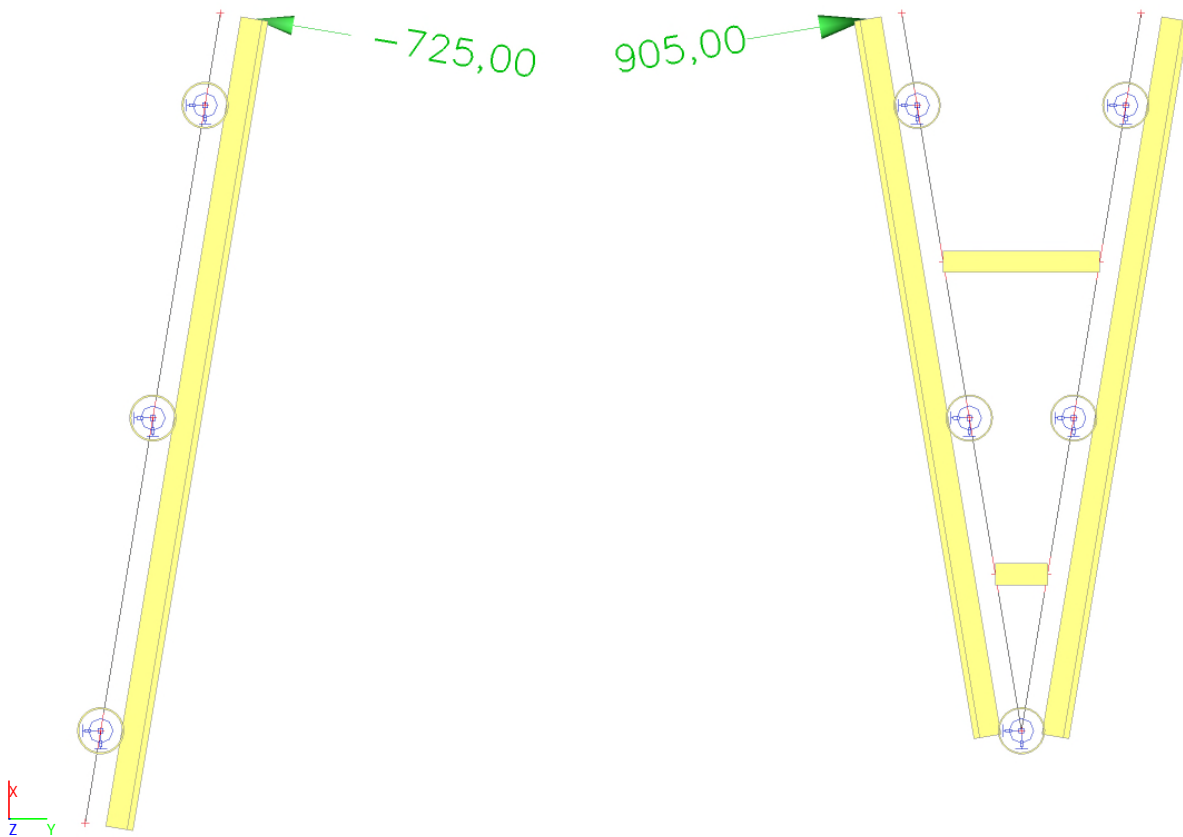




4.1.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG7	Locatie 6 Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	StAAF	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb6	S8 BG7 - Locatie 6	LCS Y	905,00 Kracht	1.000	Rela Vanaf begin	1
Fb16	S29 BG7 - Locatie 6	LCS Y	-725,00 Kracht	1.000	Rela Vanaf begin	1

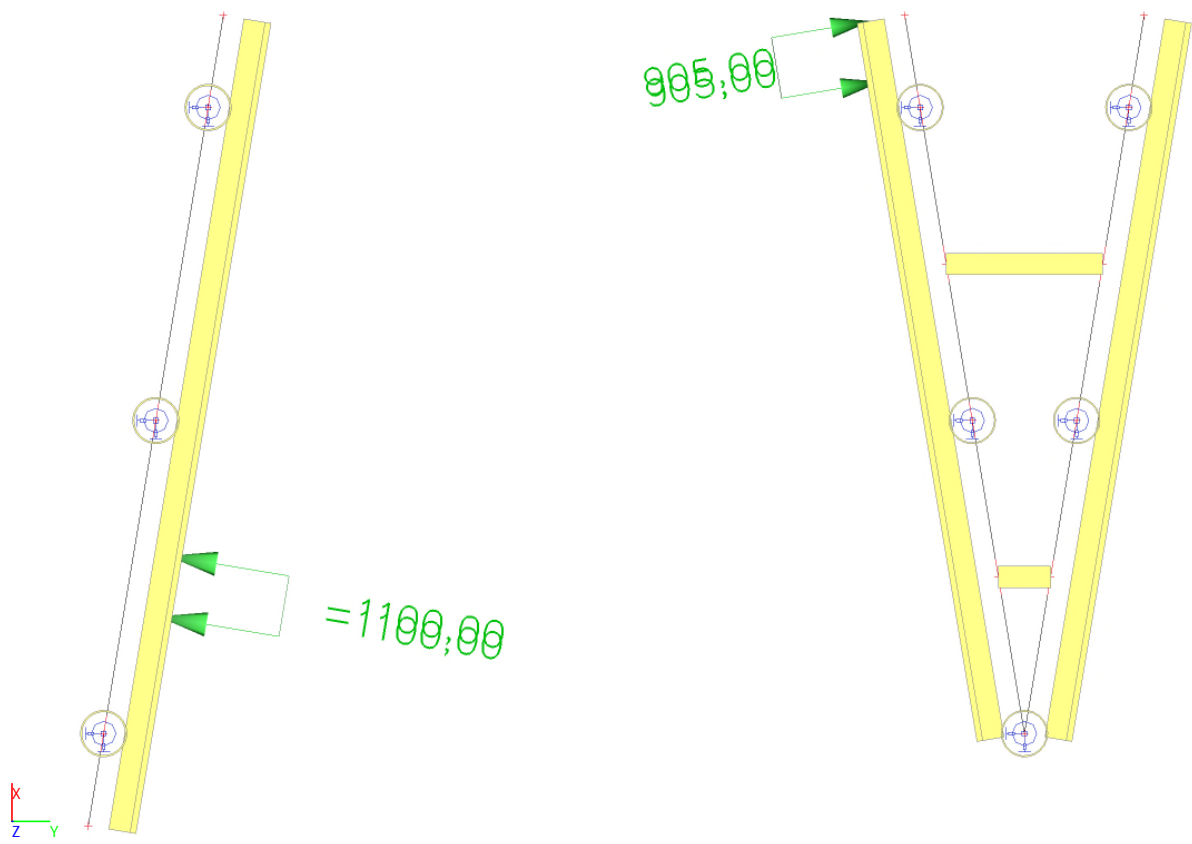




4.1.8. Belastingsgevallen - BG8

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	<b>Spec</b>	<b>Belastingtype</b>			
BG8	Check puntlast - lijnlast Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staal	Type	Rich	Waarde - P <sub>1</sub> [kN/m]	Pos x <sub>1</sub> [m]	Coör	Oors	Exc ey [m]
	<b>Belastingsgeval</b>	<b>Systeem</b>	<b>Verdeling</b>	<b>Waarde - P<sub>2</sub> [kN/m]</b>	<b>Pos x<sub>2</sub> [m]</b>	<b>Loc</b>		<b>Exc ez [m]</b>
Lijnlast1	S29 BG8 - Check puntlast - lijnlast	Kracht LCS	Y Gelijkmatig	-1100,00	3,550 4,550	Abso Lengte	Vanaf begin	0,000 0,000
Lijnlast2	S8 BG8 - Check puntlast - lijnlast	Kracht LCS	Y Gelijkmatig	905,00	0,000 1,000	Abso Lengte	Vanaf einde	0,000 0,000





#### 4.2. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1		Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht BG2 - Locatie 1	1,20 1,00
Combi2		Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht BG3 - Locatie 2	1,20 1,00
Combi3		Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht BG4 - Locatie 3	1,20 1,00
Combi4		Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht BG5 - Locatie 4	1,20 1,00
Combi5		Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht BG6 - Locatie 5	1,20 1,00
Combi6		Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht BG7 - Locatie 6	1,20 1,00

#### 4.3. Resultaatklassen

Naam	Lijst
Alle BG	BG2 BG3 BG4 BG5 BG6 BG7
Alle UGT	Combi1 - Omhullende - uiterst Combi2 - Omhullende - uiterst Combi3 - Omhullende - uiterst Combi4 - Omhullende - uiterst Combi5 - Omhullende - uiterst Combi6 - Omhullende - uiterst



## 5. Resultaten

### 5.1. Interne 1D-krachten

Lineaire berekening

Klasse: Alle UGT

Assenstelsel: Staaf

Extreme 1D: Globaal

Selectie: Alle

Filter: Doorsnede = CS1 - CHSCF762.0/25.0

Naam	dx [m]	Belasting	Doorsnede	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
S26	18,300+	Combi6/1	CS1 - CHSCF762.0/25.0	<b>-187,06</b>	5,05	0,60	0,00	-0,30	-2,53
S24	0,000	Combi1/2	CS1 - CHSCF762.0/25.0	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S24	2,625+	Combi1/3	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-87,31	<b>-813,80</b>	25,89	0,00	32,06	428,83
S24	11,300+	Combi1/3	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-135,95	<b>933,87</b>	-38,61	0,00	116,56	-2930,69
S25	1,650+	Combi2/4	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-49,85	119,31	<b>-153,99</b>	-55,17	57,35	100,56
S26	1,650+	Combi6/1	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-64,60	152,08	<b>220,21</b>	-100,12	13,95	193,10
S25	0,675+	Combi1/3	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-12,65	-91,28	2,40	<b>-647,61</b>	42,84	4,79
S25	0,675+	Combi6/1	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-2,16	-102,90	-25,96	<b>691,97</b>	-38,85	-1,55
S25	2,625+	Combi6/1	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-15,71	-133,34	33,24	0,00	<b>-303,54</b>	-249,80
S24	2,625+	Combi2/4	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-57,69	-638,76	-57,19	0,00	<b>318,16</b>	96,97
S24	9,050-	Combi1/3	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-119,68	-302,85	6,17	0,00	183,60	<b>-4416,62</b>
S24	9,050-	Combi6/1	CS1 - CHSCF762.0/25.0	-51,92	62,08	36,06	0,00	-24,39	<b>970,43</b>

Naam	Combinatiesleutel
Combi6/1	1.20*BG1 + BG7
Combi1/2	1.20*BG1
Combi1/3	1.20*BG1 + BG2
Combi2/4	1.20*BG1 + BG3



Lineaire berekening  
 Klasse: Alle UGT  
 Assenstelsel: Staaf  
 Extreme 1D: Globaal  
 Selectie: Alle  
 Filter: Doorsnede = CS2 - CHSCF762.0/20.0

Naam	dx [m]	Belasting	Doorsnede	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
S3	18,300+	Combi1/1	CS2 - CHSCF762.0/20.0	<b>-543,24</b>	0,40	-0,49	0,00	0,24	-0,20
S5	2,625+	Combi1/1	CS2 - CHSCF762.0/20.0	<b>314,59</b>	-94,48	-140,80	0,00	424,09	363,37
S1	11,300+	Combi1/1	CS2 - CHSCF762.0/20.0	-32,26	<b>-688,15</b>	89,31	0,00	-265,83	2092,75
S4	1,650+	Combi2/2	CS2 - CHSCF762.0/20.0	42,19	-131,99	<b>-636,15</b>	209,43	385,67	-76,29
S2	1,650+	Combi2/2	CS2 - CHSCF762.0/20.0	-100,91	-139,78	<b>667,52</b>	193,99	-581,88	-51,63
S2	1,650+	Combi6/3	CS2 - CHSCF762.0/20.0	-8,64	130,12	-262,59	<b>-562,40</b>	114,62	78,09
S4	0,675+	Combi1/1	CS2 - CHSCF762.0/20.0	16,62	-27,65	-572,80	<b>608,41</b>	491,94	7,94
S2	2,625+	Combi1/1	CS2 - CHSCF762.0/20.0	-151,82	200,05	241,80	0,00	<b>-823,77</b>	83,84
S2	9,050-	Combi1/1	CS2 - CHSCF762.0/20.0	-177,88	48,18	135,43	0,00	<b>649,99</b>	1255,27
S1	2,625+	Combi1/1	CS2 - CHSCF762.0/20.0	6,89	<b>846,50</b>	-98,75	0,00	190,83	<b>-2025,32</b>
S1	9,050-	Combi1/1	CS2 - CHSCF762.0/20.0	-19,17	402,47	-43,16	0,00	-401,93	<b>3080,42</b>

Naam	Combinatiesleutel
Combi1/1	1.20*BG1 + BG2
Combi2/2	1.20*BG1 + BG3
Combi6/3	1.20*BG1 + BG7



Lineaire berekening  
Klasse: Alle UGT  
Assenstelsel: Staaf  
Extreme 1D: Globaal  
Selectie: Alle

Filter: Doorsnede = CS3 - Grafische doorsnede

Naam	dx [m]	Belasting	Doorsnede	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
S8	0,000	Combi2/1	CS3 - Grafische doorsnede	<b>-688,46</b>	-382,58	206,22	-2,33	-376,09	510,83
S11	0,000	Combi2/1	CS3 - Grafische doorsnede	<b>759,94</b>	-343,38	-225,99	-2,27	449,25	474,18
S8	10,341+	Combi6/2	CS3 - Grafische doorsnede	0,00	<b>-905,00</b>	3,60	0,00	-2,74	<b>1376,23</b>
S11	2,585-	Combi1/3	CS3 - Grafische doorsnede	32,08	-75,51	<b>-261,79</b>	-2,63	-165,85	-80,39
S9	5,170+	Combi3/4	CS3 - Grafische doorsnede	109,79	54,14	-67,63	<b>-2,98</b>	162,43	15,08
S8	7,756+	Combi5/5	CS3 - Grafische doorsnede	139,50	-67,77	-57,37	<b>5,05</b>	12,77	407,32
S8	0,000	Combi1/3	CS3 - Grafische doorsnede	-152,61	-76,67	<b>243,00</b>	-2,67	<b>-448,76</b>	115,42
S11	0,000	Combi1/3	CS3 - Grafische doorsnede	32,08	-75,51	-255,68	-2,63	<b>503,03</b>	114,81
S29	11,861+	Combi6/2	CS3 - Grafische doorsnede	0,00	<b>725,00</b>	3,60	0,00	-2,74	<b>-1102,50</b>

Naam	Combinatiesleutel
Combi2/1	1.20*BG1 + BG3
Combi6/2	1.20*BG1 + BG7
Combi1/3	1.20*BG1 + BG2
Combi3/4	1.20*BG1 + BG4
Combi5/5	1.20*BG1 + BG6

Lineaire berekening  
Belastingsgeval: BG8  
Assenstelsel: Staaf  
Extreme 1D: Globaal  
Selectie: Alle

Filter: Doorsnede = CS3 - Grafische doorsnede

Naam	dx [m]	Belasting	Doorsnede	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
S11	2,585+	BG8	CS3 - Grafische doorsnede	<b>-271,79</b>	50,74	51,86	1,80	-42,78	-1,86
S8	10,341+	BG8	CS3 - Grafische doorsnede	0,00	<b>-905,00</b>	0,00	0,00	0,00	<b>923,73</b>
S8	0,000	BG8	CS3 - Grafische doorsnede	91,06	133,06	<b>-89,13</b>	0,82	<b>176,05</b>	-216,65
S11	0,000	BG8	CS3 - Grafische doorsnede	-22,84	176,81	<b>69,19</b>	0,85	-124,52	-251,70
S9	5,170+	BG8	CS3 - Grafische doorsnede	-72,80	-226,09	33,89	<b>-1,30</b>	-67,00	191,42
S8	7,756+	BG8	CS3 - Grafische doorsnede	281,33	61,97	-58,54	<b>4,54</b>	9,58	482,29
S8	5,170-	BG8	CS3 - Grafische doorsnede	<b>367,45</b>	171,58	-71,80	1,71	<b>-142,87</b>	259,70
S29	1,521+	BG8	CS3 - Grafische doorsnede	-230,91	<b>643,24</b>	7,40	1,16	-22,52	<b>-634,34</b>



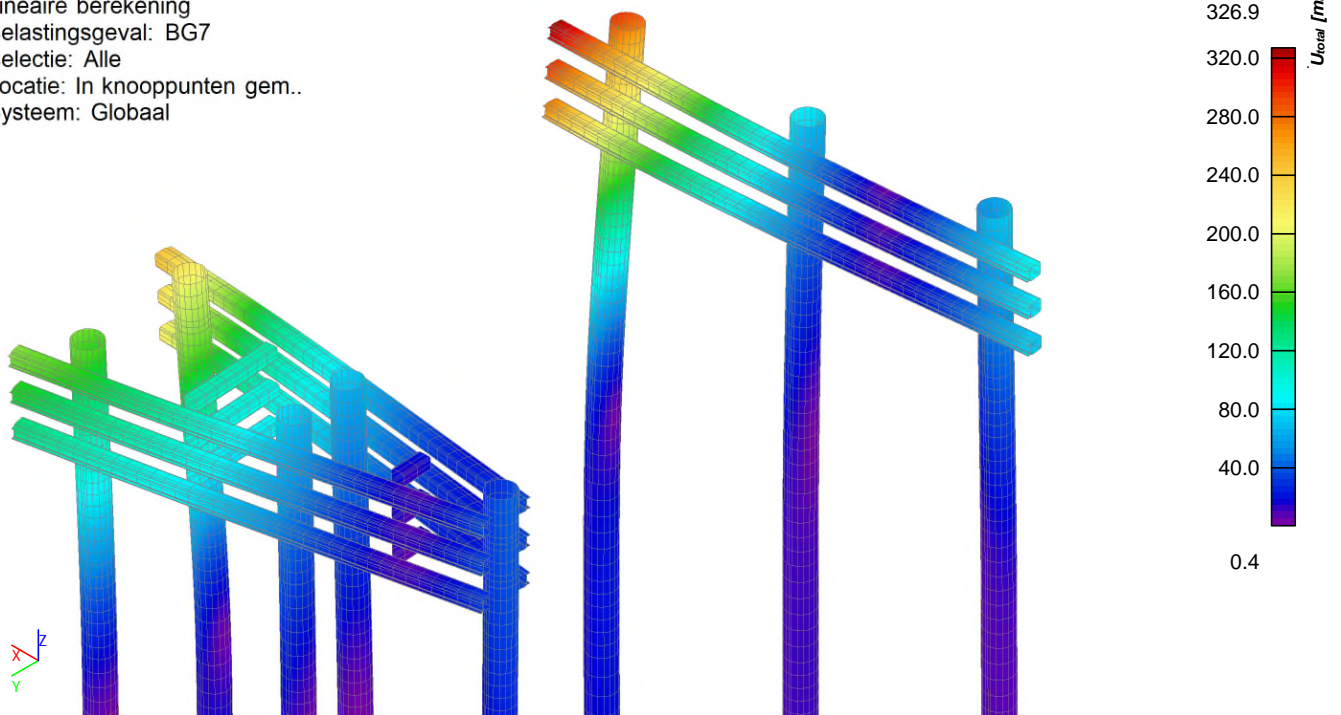
**5.2. 1D-vervormingen**

Lineaire berekening  
Belastingsgeval: BG7  
Assenstelsel: Globaal  
Extreme 1D: Globaal  
Selectie: S8, S29  
**Vervormingen**

Naam	dx [m]	Belasting	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	φ <sub>x</sub> [mrad]	φ <sub>y</sub> [mrad]	φ <sub>z</sub> [mrad]	U <sub>total</sub> [mm]
S29	0,000	BG7	-3,4	74,0	-5,5	-6,9	-2,3	-18,9	74,3
S29	13,382	BG7	53,1	-262,3	19,6	31,7	3,6	-47,8	268,3
S8	11,861	BG7	54,5	208,3	10,0	-22,5	4,1	43,8	215,6

**5.3. 3D verplaatsing; U<sub>total</sub>**

Waardes: **U<sub>total</sub>**  
Lineaire berekening  
Belastingsgeval: BG7  
Selectie: Alle  
Locatie: In knooppunten gem..  
Systeem: Globaal





## C. Berekeningsrapportage D-Sheet Piling

## **Report for D-Sheet Piling 18.1**

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls  
Developed by Deltares

Date of report: 7/7/2022  
Time of report: 1:39:29 PM  
Report with version: 18.1.1.2

Date of calculation: 7/7/2022  
Time of calculation: 1:38:11 PM  
Calculated with version: 18.1.1.2

File name: N:\.04 Producten\02 Berekening\INFR220449 - Remmingwerk Vlielandbrug

Project identification: Remmingwerk Vlielandbrug  
Berekeningsrapportage  
Bijlage C - Berekeningsrapportage D-Sheet Piling

---

## 1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Overview of Maxima	3
2.2 Supports	3
3 Input Data	4
3.1 General Input Data	4
3.2 Pile Properties	4
3.2.1 General properties	4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	4
3.2.3 Maximum allowable moments	4
3.3 Outline	5
3.4 Spring Supports	5
3.5 Horizontal Forces	5
3.6 Water Level	5
3.7 Surface	5
3.8 Soil Material Properties	5
3.9 Soil Material Properties calculated using Brinch Hansen	6
3.10 Modulus of Subgrade Reaction	6
4 Calculation Results	7
4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	7
4.2 Moments, Forces and Displacements	7
4.3 Charts of Stresses	9
4.4 Stresses	9
4.5 Rigid and Spring Supports	10

## 2 Summary

### 2.1 Overview of Maxima

Displacement	Moment	Shear force	Mob. perc. moment	Mob. perc. resistance
[mm]	[kNm]	[kN]	[%]	[%]
208,0	-2632,42	563,00	12,5	17,7

### 2.2 Supports

Support	
AV 1	
Force	Moment
[kN]	[kNm]
-599,74	-

### 3 Input Data

#### 3.1 General Input Data

Model Single pile; Pile loaded by forces  
 Unit weight of water 9,81 kN/m<sup>3</sup>

#### 3.2 Pile Properties

Length 16,18 m  
 Level top side 0,18 m  
 Number of sections 1

##### 3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Diameter [m]
Ø762x25	-16,00	0,18	User defined	0,76

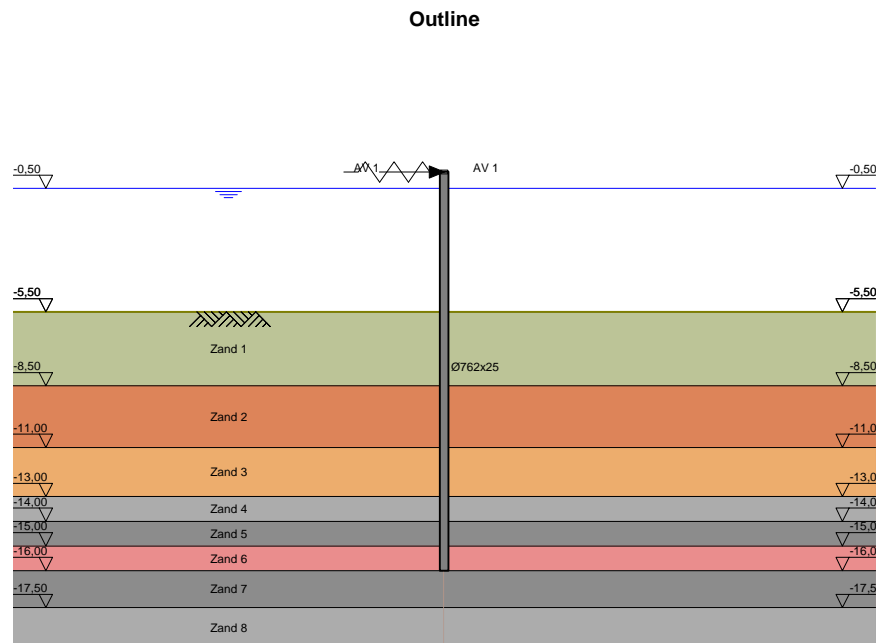
##### 3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm <sup>2</sup> ]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm <sup>2</sup> ]	Note to reduction factor
Ø762x25	8,2635E+05	1,00	8,2635E+05	

##### 3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
Ø762x25	3666,00	1,00	1,00	1,00	3666,00

### 3.3 Outline



### 3.4 Spring Supports

Name	Level [m]	Rotation [kNm/rad]	Translation [kN/m]
AV 1	0,17	0,00000E+00	2,88700E+03

### 3.5 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
AV 1	0,17	930,00

### 3.6 Water Level

Water level: -0,50 [m]

### 3.7 Surface

Surface level: -5,50 [m]

### 3.8 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m <sup>2</sup> ]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m <sup>3</sup> ]	Sat. [kN/m <sup>3</sup> ]			
Zand 1	-5,50	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 2	-8,50	19,00	21,00	0,00	32,50	Yes

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m <sup>2</sup> ]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m <sup>3</sup> ]	Sat. [kN/m <sup>3</sup> ]			
Zand 3	-11,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 4	-13,00	17,00	19,00	0,00	27,00	Yes
Zand 5	-14,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 6	-15,00	19,00	21,00	0,00	32,50	Yes
Zand 7	-16,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 8	-17,50	17,00	19,00	0,00	27,00	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m <sup>2</sup> ]	Bottom [kN/m <sup>2</sup> ]
Zand 1	-5,50	0,00	0,00	6,99	0,00	0,00
Zand 2	-8,50	0,00	0,00	11,91	0,00	0,00
Zand 3	-11,00	0,00	0,00	10,91	0,00	0,00
Zand 4	-13,00	0,00	0,00	8,73	0,00	0,00
Zand 5	-14,00	0,00	0,00	11,96	0,00	0,00
Zand 6	-15,00	0,00	0,00	15,79	0,00	0,00
Zand 7	-16,00	0,00	0,00	12,66	0,00	0,00
Zand 8	-17,50	0,00	0,00	16,69	0,00	0,00

### 3.9 Soil Material Properties calculated using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m <sup>2</sup> ]
Zand 1	-5,50	0,00
Zand 2	-8,50	0,00
Zand 3	-11,00	0,00
Zand 4	-13,00	0,00
Zand 5	-14,00	0,00
Zand 6	-15,00	0,00
Zand 7	-16,00	0,00
Zand 8	-17,50	0,00

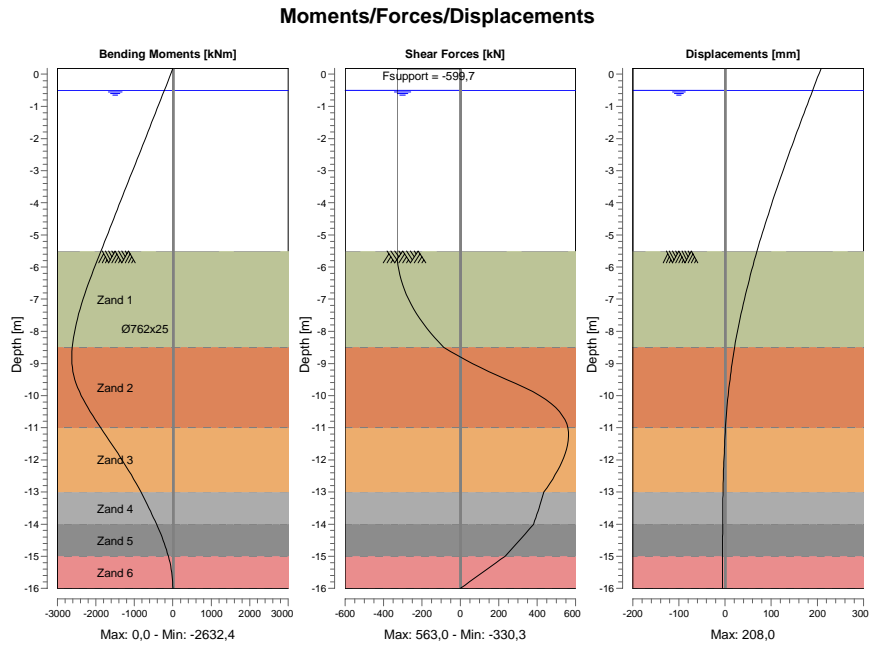
### 3.10 Modulus of Subgrade Reaction

Layer name	Level [m]	Ménard used	E-Mod Ménard [kN/m <sup>2</sup> ]	Soil type Ménard	Branch 1	
					Top [kN/m <sup>3</sup> ]	Bottom [kN/m <sup>3</sup> ]
Zand 1	-5,50	Yes	8500,00	Sand	35884,89	35884,89
Zand 2	-8,50	Yes	12750,00	Sand	53827,34	53827,34
Zand 3	-11,00	Yes	8500,00	Sand	35884,89	35884,89
Zand 4	-13,00	Yes	3400,00	Sand	14353,96	14353,96
Zand 5	-14,00	Yes	8500,00	Sand	35884,89	35884,89
Zand 6	-15,00	Yes	12750,00	Sand	53827,34	53827,34
Zand 7	-16,00	Yes	6800,00	Sand	28707,91	28707,91
Zand 8	-17,50	Yes	850,00	Sand	3588,49	3588,49

## 4 Calculation Results

Number of iterations: 5

### 4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

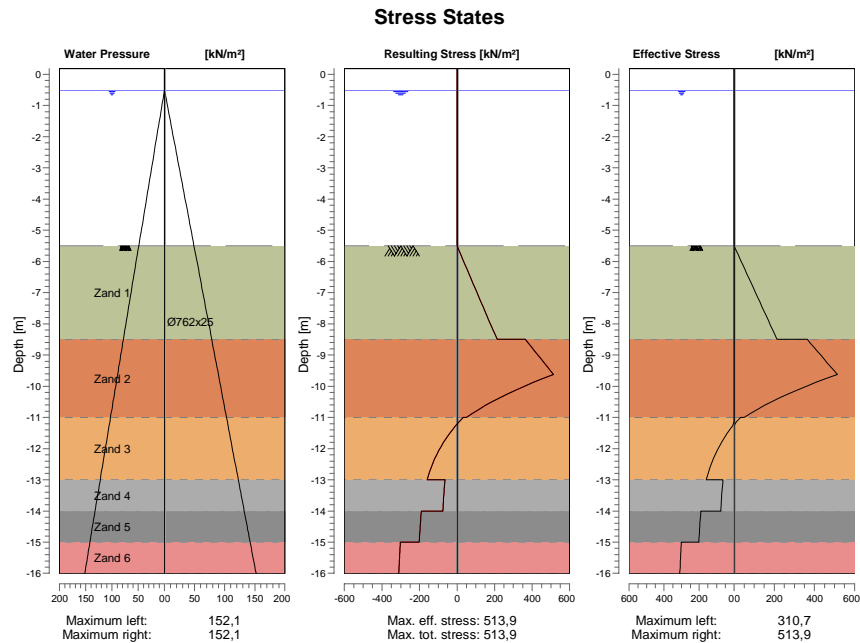


### 4.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,18	0,00	0,00	<b>208,0</b>
1	0,17	0,00	0,00	207,7
2	0,17	0,00	-330,26	207,7
2	-0,50	-221,28	-330,26	190,0
3	-0,50	-221,28	-330,26	190,0
3	-1,21	-457,18	-330,26	171,2
4	-1,21	-457,18	-330,26	171,2
4	-1,93	-693,08	-330,26	152,6
5	-1,93	-693,08	-330,26	152,6
5	-2,64	-928,98	-330,26	134,5
6	-2,64	-928,98	-330,26	134,5
6	-3,36	-1164,89	-330,26	117,0
7	-3,36	-1164,89	-330,26	117,0
7	-4,07	-1400,79	-330,26	100,2
8	-4,07	-1400,79	-330,26	100,2
8	-4,79	-1636,69	-330,26	84,2
9	-4,79	-1636,69	-330,26	84,2
9	-5,50	-1872,59	-330,26	69,3
10	-5,50	-1872,59	-330,26	69,3

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
10	-6,25	-2116,48	-315,03	54,9
11	-6,25	-2116,48	-315,03	54,9
11	-7,00	-2337,53	-269,34	41,9
12	-7,00	-2337,53	-269,34	41,9
12	-7,75	-2512,88	-193,19	30,5
13	-7,75	-2512,88	-193,19	30,5
13	-8,50	<b>-2619,69</b>	-86,57	20,8
14	-8,50	<b>-2619,69</b>	-86,57	20,8
14	-9,13	-2615,64	106,11	14,0
15	-9,13	-2615,65	106,14	14,0
15	-9,75	-2478,94	335,03	8,5
16	-9,75	-2478,89	335,80	8,5
16	-10,38	-2212,97	496,70	4,2
17	-10,38	-2212,97	496,61	4,2
17	-11,00	-1878,27	<b>560,45</b>	0,9
18	-11,00	-1878,27	560,38	0,9
18	-11,67	-1504,60	552,99	-1,6
19	-11,67	-1504,60	552,80	-1,6
19	-12,33	-1149,58	507,05	-3,3
20	-12,33	-1149,58	506,71	-3,3
20	-13,00	-834,38	435,58	-4,4
21	-13,00	-834,38	435,38	-4,4
21	-13,50	-622,98	409,75	-4,9
22	-13,50	-622,98	409,75	-4,9
22	-14,00	-425,01	381,82	-5,3
23	-14,00	-425,01	381,82	-5,3
23	-14,50	-252,34	308,41	-5,5
24	-14,50	-252,34	308,40	-5,5
24	-15,00	-116,97	232,80	-5,6
25	-15,00	-116,97	232,80	-5,6
25	-15,50	-29,38	117,25	-5,7
26	-15,50	-29,38	117,25	-5,7
26	-16,00	0,00	0,00	-5,8
Max		<b>-2619,69</b>	<b>560,45</b>	<b>208,0</b>
Max, minor nodes incl.		-2632,42	563,00	208,0

### 4.3 Charts of Stresses



### 4.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m <sup>2</sup> ]	Water stress [kN/m <sup>2</sup> ]	Stat*	Mob* [%]	Effective stress [kN/m <sup>2</sup> ]	Water stress [kN/m <sup>2</sup> ]	Stat*	Mob* [%]
1	0,18	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	0,17	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,17	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	-0,50	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	-0,50	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	-1,21	0,00	7,01	-		0,00	7,01	-	
4	-1,21	0,00	7,01	-		0,00	7,01	-	
4	-1,93	0,00	14,01	-		0,00	14,01	-	
5	-1,93	0,00	14,01	-		0,00	14,01	-	
5	-2,64	0,00	21,02	-		0,00	21,02	-	
6	-2,64	0,00	21,02	-		0,00	21,02	-	
6	-3,36	0,00	28,03	-		0,00	28,03	-	
7	-3,36	0,00	28,03	-		0,00	28,03	-	
7	-4,07	0,00	35,04	-		0,00	35,04	-	
8	-4,07	0,00	35,04	-		0,00	35,04	-	
8	-4,79	0,00	42,04	-		0,00	42,04	-	
9	-4,79	0,00	42,04	-		0,00	42,04	-	
9	-5,50	0,00	49,05	-		0,00	49,05	-	
10	-5,50	0,00	49,05	A		0,00	49,05	P	
10	-6,25	0,00	56,41	A		53,44	56,41	P	
11	-6,25	0,00	56,41	A		53,44	56,41	P	
11	-7,00	0,00	63,77	A		106,88	63,77	P	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m <sup>2</sup> ]	Water stress [kN/m <sup>2</sup> ]	Stat*	Mob*	Effective stress [kN/m <sup>2</sup> ]	Water stress [kN/m <sup>2</sup> ]	Stat*	Mob*
12	-7,00	0,00	63,77	A		106,88	63,77	P	
12	-7,75	0,00	71,12	A		160,33	71,12	P	
13	-7,75	0,00	71,12	A		160,33	71,12	P	
13	-8,50	0,00	78,48	A		213,77	78,48	P	
14	-8,50	0,00	78,48	A		364,01	78,48	P	
14	-9,13	0,00	84,61	A		447,29	84,61	P	
15	-9,13	0,00	84,61	A		447,29	84,61	P	
15	-9,75	0,00	90,74	A		460,03	90,74	-	87
16	-9,75	0,00	90,74	A		460,03	90,74	-	87
16	-10,38	0,00	96,87	A		227,01	96,87	-	37
17	-10,38	0,00	96,87	A		227,01	96,87	-	37
17	-11,00	0,00	103,00	A		50,16	103,00	-	7
18	-11,00	0,00	103,00	A		33,44	103,00	-	5
18	-11,67	57,37	109,55	-	8	0,00	109,55	A	
19	-11,67	57,37	109,55	-	8	0,00	109,55	A	
19	-12,33	119,12	116,08	-	15	0,00	116,08	A	
20	-12,33	119,12	116,08	-	15	0,00	116,08	A	
20	-13,00	158,61	122,63	-	18	0,00	122,63	A	
21	-13,00	63,44	122,63	-	9	0,00	122,63	A	
21	-13,50	70,93	127,53	-	10	0,00	127,53	A	
22	-13,50	70,93	127,53	-	10	0,00	127,53	A	
22	-14,00	75,70	132,44	-	10	0,00	132,44	A	
23	-14,00	189,24	132,44	-	18	0,00	132,44	A	
23	-14,50	196,54	137,34	-	18	0,00	137,34	A	
24	-14,50	196,54	137,34	-	18	0,00	137,34	A	
24	-15,00	201,06	142,25	-	17	0,00	142,25	A	
25	-15,00	301,59	142,25	-	19	0,00	142,25	A	
25	-15,50	306,40	147,15	-	19	0,00	147,15	A	
26	-15,50	306,40	147,15	-	19	0,00	147,15	A	
26	-16,00	310,66	152,06	-	18	0,00	152,06	A	

\*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)  
 Mob Percentage passive mobilized

#### 4.5 Rigid and Spring Supports

Node number	Level [m]	Force [kN]	Moment [kNm]
2	0,17	-599,74	0,00

**End of Report**



## D. Detailberekening klemconstructie



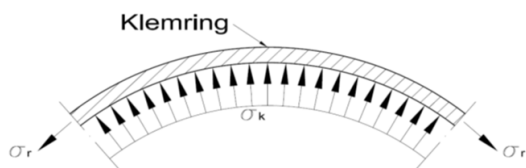
Onderdeel Bijlage D - Detailberekening klemconstructie

**Auteur:** B. van Aken  
**Datum:** 4 juli 2022  
**Onderdeel:** Buispaal Ø762x20/25

**Invoergegevens**

$D_b =$	762 mm	Buitendiameter buispaal
$t_r =$	20 mm	Dikte klemring
$h_r =$	315 mm	Hoogte klemring
$f_{y,d} =$	355 N/mm <sup>2</sup>	Vloeisterkte materiaal klemring
$\mu =$	0,10	Wrijfingsfactor klem - buispaal
$F_{v,totaal,Ed} =$	262,00 kN	Verticale belasting op de klemconstructie
$F_{t,totaal,Ed} =$	905,00 kN	Horizontale belasting op de klemconstructie
Type bout	M36	Bout klemring
Boutsterkteklasse	8.8	
$n =$	2	Aantal bouten per zijde klemring
$\gamma_{M7} =$	1,1	Materiaalfactor

**Berekening minimaal benodigde klemspanning voor opname  $F_{v,totaal,Ed}$**



Uitgangspunt:

Berekening klemringsspanning o.b.v. ketelformule  
 (bron: Toegepaste Mechanica - 1 Evenwicht, C. Hartsuijker)

$\sigma_{k,min} = F_{v,totaal,Ed} / (\mu \cdot h_r \cdot \pi \cdot D_b) =$	3,5 N/mm <sup>2</sup>	Benodigde klemspanning voor genereren wrijving
$\sigma_{r,min} = \sigma_{k,min} \cdot D_b / (2 \cdot t_r) =$	66,2 N/mm <sup>2</sup>	Benodigde spanning in klemring
$F_{t,b,min,d} = \sigma_{r,min} \cdot h_r \cdot t_r / n =$	208,5 kN	Benodigde bouttrekkracht per bout

**Berekening benodigde voorspankracht per bout (NEN-EN-1993-1-8+C2:2011+NB)**

$A_s =$	817 mm <sup>2</sup>	Spanningsdoorsnede bout
$F_{p,Cd} = 0,50 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M7} =$	297,1 kN	Rekenwaarde voorspankracht (NB, 3.6.1)
$F_p =$	230,0 kN	Toe te passen voorspankracht per bout:
<u>Toetsing voorspankracht:</u>		grootste waarde van $1,1 \times F_{t,b,min,d}$ en $0,1 \times F_{p,Cd}$
$F_p / F_{p,Cd} =$	0,77	UC toelaatbare voorspankracht

**Controleberekening capaciteit klemring**

$\sigma_k = (2 \cdot n \cdot F_p + F_{t,totaal,Ed}) / (D_b \cdot h_r) =$	7,6 N/mm <sup>2</sup>	Klemspanning tussen buis en ring
$\sigma_r = \sigma_k \cdot D_b / (2 \cdot t_r) =$	144,8 N/mm <sup>2</sup>	Spanning in klemring
<u>Toetsing klemring:</u>		
$\sigma_r / f_{y,d} =$	0,41	UC Sterkte klemring

**Berekening bout bij gelijktijdig optreden  $F_{v,totaal,Ed}$  en  $F_{t,totaal,Ed}$**

$F_{t,Ed} = (2 \cdot n \cdot F_p + F_{t,totaal,Ed}) / (2 \cdot n) =$	456 kN	Trekkracht per bout
$F_{v,Ed} = F_{v,totaal,Ed} / (2 \cdot n) =$	65,5 kN	Afschuifkracht per bout
$F_{t,Rd} =$	471 kN	Rekenwaarde treksterkte per bout
$F_{v,Rd} =$	314 kN	Rekenwaarde afschuifsterkte per bout

Toetsing verbindingmiddel volgens Tabel 3.4:

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$	0,21	UC Afschuifsterkte
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$	0,97	UC Treksterkte
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 \cdot F_{t,Rd} =$	0,90	UC Sterkte combinatie trek en afschuiving



Waarderweg 40  
2031 BP Haarlem  
Nederland

Pettelaarpark 10-15  
5216 PD 's-Hertogenbosch  
Nederland

Nevelgaarde 10  
3436 ZZ Nieuwegein  
Nederland

**iv-Infra b.v.**  
Trapezium 322  
3364 DL Sliedrecht  
Nederland

Trompstraat 36a  
9190 Stekene  
België

Westervoortsedijk 73  
Gebouw CB  
6827 AV Arnhem  
Nederland

[www.iv-infra.nl](http://www.iv-infra.nl)  
Telefoon +31 88 943 3200  
Postbus 135  
3360 AC Sliedrecht  
[officemanagement@iv-infra.nl](mailto:officemanagement@iv-infra.nl)