

Inhoud: **Tentboek (conform NEN-EN 8020-41:2012)**

Object: **19.01.1961_RA01_5x5**

Eigenaar object: **Partyspace**

Documentcode: **19.03.00270.1**

Auteur: **Ir. R. Vorstermans**

Datum: **12.04.2019**

Object: 19.01.1961_RA01_5x5

Documentcode: 19.03.00270.1

Eigenaar object: Partyspace
Potteriestraat 67

BE-8980 BESELARE België

Opsteller tentboek: Tentech BV
Ontwerp en advies voor lichtgewicht bouwen

Postbus 85190
3508 AD Utrecht
t +31 (0)30 252 1869
f +31 (0)30 254 1239
www.tentech.nl

Datum: 12.04.2019

Geldig tot: 12.04.2024

Auteur: Ir. R. Vorstermans

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'R. Vorstermans', written over a large green diagonal watermark that reads 'BOONEN ATTRACTIEVERHUUR' and 'ATTRACTIE.COM'.

Geautoriseerd door: Ing. J. van Wijk



© Tentech BV

Niets uit deze uitgave mag worden gekopieerd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaand schriftelijke toestemming van Tentech BV.

Het Tentboek, wordt op naam gesteld van Partyspace en is niet bestemd voor wederverkoop.

Bij wederverkoop van dit tentboek moet de rapportage opnieuw op naam gesteld worden door Tentech BV, hieraan zijn kosten verbonden. Bij wederverkoop zonder tussenkomst van Tentech BV wordt geen enkele aansprakelijkheid aanvaard door Tentech BV.

A. Inleiding

In dit document worden de benodigde gegevens voor een tentboek volgens de NEN 8020-41:2012 gebundeld en gepresenteerd voor de 5x5 Pagoda van Partyspace.

De structuur is getoetst op sterkte en stabiliteit. Er wordt in dit rapport getoetst volgens de NEN-EN 13782:2015 (Tijdelijke constructies – Tenten – Veiligheid). De verschillende elementen worden afhankelijk van het materiaal getoetst aan de hand van de corresponderende Eurocode norm. In deze rapportage worden het benodigd aantal verankeringen bepaald; de elementen- en verbindingencontrole wordt ook uitgevoerd.

Tevens wordt bepaald hoeveel ankers of ballast benodigd zijn om de algehele stabiliteit (veiligheid tegen verschuiven, wegwaaien en omwaaien) van de tenten te waarborgen. Deze beschouwing wordt gemaakt middels de NEN-EN-13782:2015, voor gereduceerde windsnelheden

Utrecht, 12.04.2019, Ir. R. Vorstermans

B. Inhoudsopgave

A.	Inleiding	3
B.	Inhoudsopgave.....	4
C.	Normen.....	5
D.	Overzichtstekening	6
E.	Samenvatting.....	7
F.	Toelaatbare windsnelheden	8
	F.1. Windsnelheid berekening	9
G.	Statische berekening	10
	G.1. Project beschrijving	11
	G.2. Geometrie	11
	G.3. Materialen en doorsneden	12
	G.4. Berekeningsmethode.....	14
	G.5. Belastinggevallen.....	17
	G.6. Berekeningsresultaten	20
	G.7. Sterkte toetsing elementen	28
	G.8. Sterkte toetsing verbindingen	30
	G.9. Veiligheid tegen verschuiven, opwaaien en omwaaien	34
	G.10. Bijlagen	38
H.	Materiaalcertificaten	42

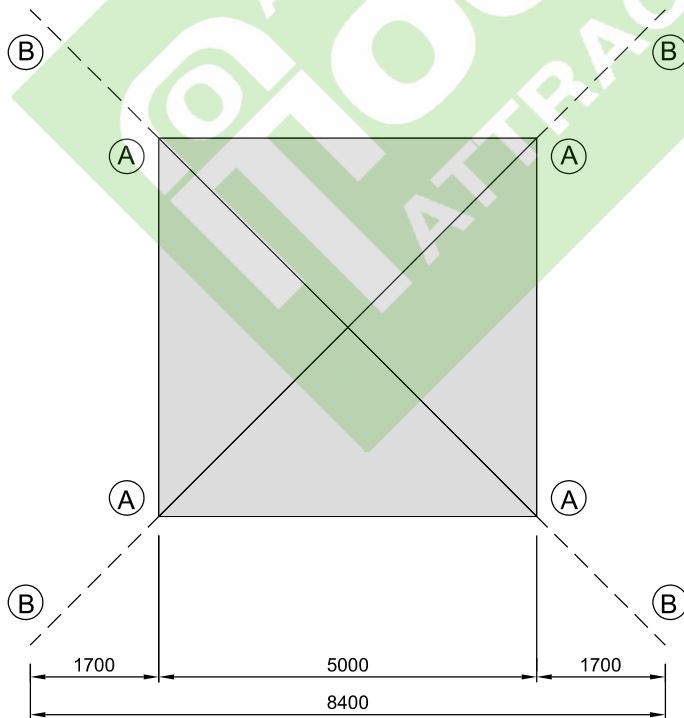
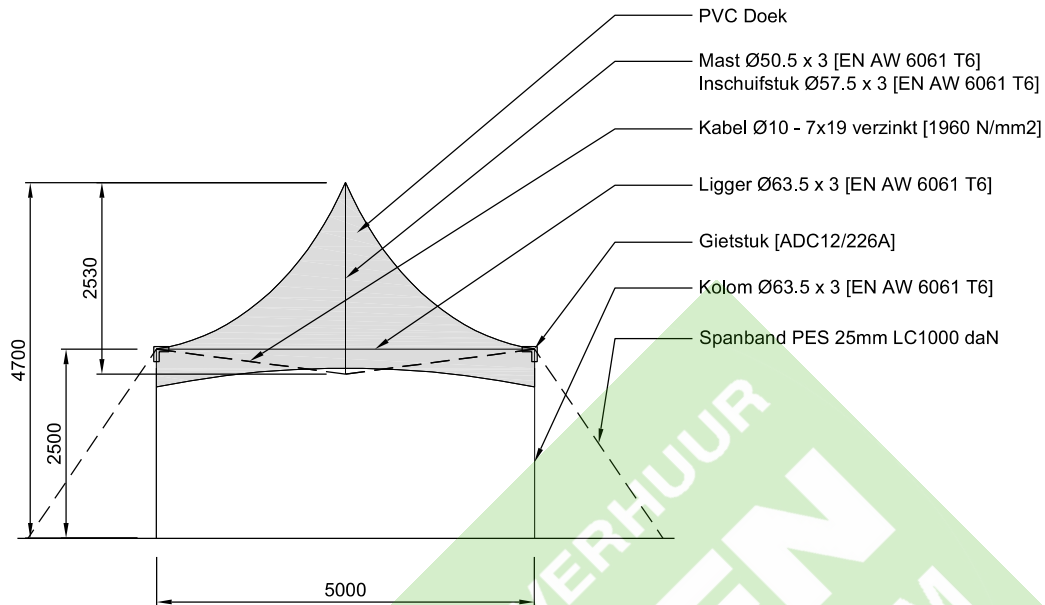
C. Normen

De volgende Europese normen zijn toegepast:

- NEN-EN 13782 Tijdelijke constructies – Tenten - Veiligheid
- NEN-EN 1990 Grondslagen van het constructief ontwerp
- NEN-EN 1991-1-4 Algemene belastingen - Windbelasting
- NEN-EN 1993-1-1 Ontwerp en berekening van staalconstructies
- NEN-EN 1999-1-1 Ontwerp en berekening van aluminium constructies



D. Overzichtstekening



Configuratie met afspanning

Verankering

$\varnothing 1.6 - 56\text{cm}$ (l,eff,toegestaan = 44cm)

- A 1 ankers per voetplaat
- B 4 ankers per spanband (harde zandgrond)
6 ankers per spanband (klei of leemgrond)

Ballast

- A 200 kg per voetplaat
- B 1000 kg per spanband

Maximale windsnelheid*

	Bebouwd ¹⁾ NL cat. III	Onbebouwd ²⁾ NL cat. II	Kust ³⁾ NL cat. 0
A. Breeuvel (indicated)	9 BFT	8 BFT	7 BFT
B. 10 min. gemiddelde windsnelheid	19.5 m/s	18.5 m/s	13.9 m/s
C. Piekwindsnelheid (windvlaag)	87 km/u	87 km/u	87 km/u

EDITOR: _____ DATE: _____ FILENAME: _____
RV 25.03.2019 19.01.1961_5x5

E. Samenvatting

Hoofdafmetingen:	Overspanning:	5m
	Footprint (l x b):	5x5m
	Wand hoogte:	2.5m
	Nok hoogte:	4.7m
Hoofdprofielen:	Ligger:	63.5 x 3 [EN-AW 6061 T6]
	Kolom:	63.5 x 3 [EN-AW 6061 T6]
	Mast (lang):	50.5 x 3 [EN-AW 6061 T6]
	Mast (kort schuifstuk):	57.5 x 3 [EN-AW 6061 T6]
	Kabels	Ø 10 [7x19, verzinkt, 1960 N/mm ²]
	Ankers	Ø 1.6 – 56cm
	Banden	PES 25mm – LC 1000 daN
Belasting:	Sneeuw:	Geen sneeuwlast is toegestaan.
	Gebruikersbelasting:	Geen gebruikslast is toegestaan.
	Conventionele belasting	0.1 kN/m ²
	Windbelasting:	Gereduceerd ten opzichte van NEN-EN 13782 pw = 300 N/m ² voor h = 4.7m De constructie is dicht berekend met afspanning Deze stuwdruk kan voor Nederland worden omgerekend in de (gemeten) windsnelheid als volgt:

Maximale windsnelheid*

	Bebouwd ¹ NL cat: III	Onbebouwd ² NL cat: II	Kust ³ NL cat: 0
A. Beaufort (indicatief)	8 BFT	8 BFT	7 BFT
B. 10 min. gemiddelde windsnelheid	19.5 m/s	18.5 m/s	13.9 m/s
C. Piekwindsnelheid (windvlaag)	87 km/u	87 km/u	87 km/u

Voor uitgebreide toelichting zie hoofdstuk F.

*) boven de gegeven windsnelheid (of vanaf de gegeven windkracht) is de constructie niet meer gewaarborgd betreffende sterkte en/of stabiliteit.

Verankering	<p>1 ankers per voetplaat 4 ankers per spanband (dichte niet samenhangende grond, harde zandgrond) 6 ankers per spanband (samenhangende grond, klei of leemgrond)</p> <p>Ankers: Ø 1.6 – 56cm ($l_{\text{eff, toegestaan}} = 44\text{cm}$)</p> <p>OF</p> <p>200kg per voetplaat 1000kg per spanband</p>
-------------	--

F. Toelaatbare windsnelheden

Wind kan op verschillende manieren uitgedrukt worden:

- 10 minuten gemiddelde windsnelheid – een gemiddelde windsnelheid over 10 minuten gemeten op 10m hoogte in een open terrein (NEN-EN 1991-1-4 NB NL terreincategorie II).
- Piekwindsnelheid – een kortstondige maximale windstoot met een bepaalde snelheid, afhankelijk van de hoogte. Vaak gegeven in km/u.

De stuwdruk waarop een tent berekend is, is bepalend voor de sterkte van de tent. Het gaat er dus om dat op de juiste manier wordt vastgesteld welke windsnelheid moet worden aangehouden om te kunnen bepalen of de stuwdruk overschreden wordt.

In de constructieve berekening is een gereduceerde stuwdruk van 0.20 kN/m² aangehouden, gebaseerd op de NEN-EN 13782. Deze stuwdruk is omgerekend naar windsnelheden (zie hoofdstuk F.1). Boven de hieronder gegeven windsnelheden dient de structuur ontruimd en voor publiek gesloten te worden. Boven de gegeven windsnelheid is de constructie niet meer gewaarborgd betreffende sterkte en/of stabiliteit.

	Bebouwd ¹ NL cat: III	Onbebouwd ² NL cat: II	Kust ³ NL cat: 0
A. Beaufort (indicatief)	8 BFT	8 BFT	7 BFT
B. 10 min. gemiddelde windsnelheid	19.5 m/s	18.5 m/s	13.9 m/s
C. Piekwindsnelheid (windvlaag)	87 km/u	87 km/u	87 km/u

1. Met een bebouwde omgeving wordt bedoeld: binnen de bebouwde kom met voldoende beschutting in Nederland.
2. Met een onbebouwde omgeving wordt bedoeld: buiten de bebouwde kom, of binnen de bebouwde kom met weinig beschutting in Nederland.
3. Wanneer de hierboven genoemde windsnelheden bereikt worden dient de structuur ontruimd en voor publiek gesloten te worden.

Bovenstaande waardes (A, B en C) kunnen op verschillende manieren gemeten worden en kunnen alle drie onafhankelijk van elkaar gebruikt worden:

- A. Dit is een indicatieve Beaufort schaal welke hoort bij de 10 minuten gemiddelde windsnelheid, deze waarde moet afkomstig zijn van het dichtstbijzijnde meteostation.
- B. 10 min gemiddelde windsnelheid op 10 meter hoogte in een open terrein, deze waarde moet afkomstig zijn van het dichtstbijzijnde meteostation.
- C. Windvlaagsnelheid, deze waarde wordt gemeten op 10 meter hoogte.

F.1. Windsnelheid berekening

De maximale stuwdruk wordt middels de NEN-EN 1991-1-4 teruggerekend naar een basiswindsnelheid voor het een bebouwde omgeving en een onbebouwde omgeving. (uitgaande van terreinruwheid volgens de Nederlandse NB).

Windsnelheid onbebouwd gebied op 10m hoogte

$K_r = 0.19 \times \left(\frac{z_0}{0.05}\right)^{0.07} = 0.19 \times \left(\frac{0.2}{0.05}\right)^{0.07} = 0.21$	Verg. 4.5 NEN-EN 1991-1-4 Terreinfactor
$C_r = K_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.21 \times \ln\left(\frac{4.7}{0.2}\right) = 0.66$	Verg. 4.4 NEN-EN 1991-1-4 Ruwheidsfactor
$V_m = C_r \times V_b = 0.66 \times V_b$	Verg. 4.3 NEN-EN 1991-1-4 Gemiddelde windsnelheid op hoogte
$\sigma_v = K_r \times V_b = 0.21 \times V_b$	Verg. 4.6 NEN-EN 1991-1-4 Standaardafwijking van de turbulentie
$L_v = \frac{\sigma_v}{V_m} = \frac{0.21 \times V_b}{0.66 \times V_b} = 0.32$	Verg. 4.7 NEN-EN 1991-1-4 Turbulentie intensiteit
$Q_p = (1 + 7 \times L_v) \times \frac{1}{2} \times \rho \times V_m^2 = 0.88 \times V_b^2$	Verg. 4.8 NEN-EN 1991-1-4 Extreme stuwdruk
$300 = 0.88 \times V_b^2 \rightarrow V_b = 18.5 \text{ m/s}$	Karakteristieke windsnelheid

Windsnelheid bebouwd gebied op 10m hoogte

$K_r = 0.19 \times \left(\frac{z_0}{0.05}\right)^{0.07} = 0.19 \times \left(\frac{0.5}{0.05}\right)^{0.07} = 0.22$	Verg. 4.5 NEN-EN 1991-1-4 Terreinfactor
$C_r = K_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.22 \times \ln\left(\frac{7}{0.5}\right) = 0.59$	Verg. 4.4 NEN-EN 1991-1-4 Ruwheidsfactor
$V_m = C_r \times V_b = 0.59 \times V_b$	Verg. 4.3 NEN-EN 1991-1-4 Gemiddelde windsnelheid op hoogte
$\sigma_v = K_r \times V_b = 0.22 \times V_b$	Verg. 4.6 NEN-EN 1991-1-4 Standaardafwijking van de turbulentie
$L_v = \frac{\sigma_v}{V_m} = \frac{0.22 \times V_b}{0.59 \times V_b} = 0.38$	Verg. 4.7 NEN-EN 1991-1-4 Turbulentie intensiteit
$Q_p = (1 + 7 \times L_v) \times \frac{1}{2} \times \rho \times V_m^2 = 0.79 \times V_b^2$	Verg. 4.8 NEN-EN 1991-1-4 Extreme stuwdruk
$300 = 0.79 \times V_b^2 \rightarrow V_b = 19.5 \text{ m/s}$	Karakteristieke windsnelheid

Piekwindsnelheid op 10m hoogte

$363 \times \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 = \frac{1}{2} \times 1.25 \times v^2 \rightarrow v = 24.1 \text{ m/s} \rightarrow 87 \text{ km/u}$	Verg. 4.10 NEN-EN 1991-1-4 Basisstuwdruk
---	---

G. Statische berekening

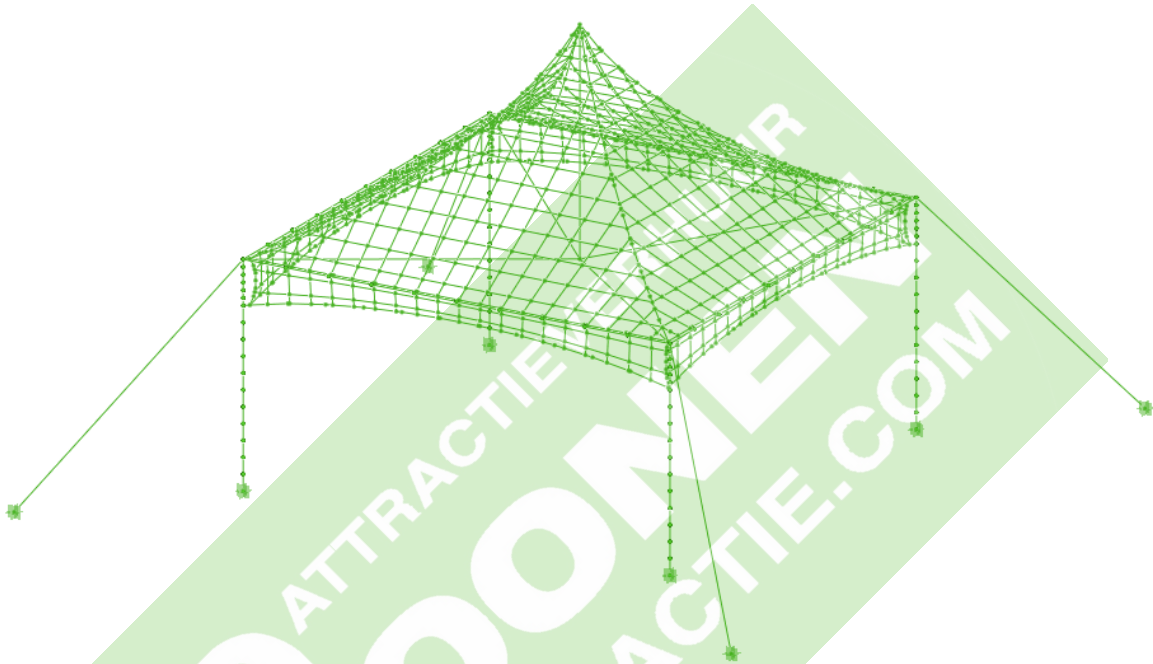
G.1.	Project beschrijving	11
G.2.	Geometrie	11
G.3.	Materialen en doorsneden	12
	G.3.1 Staal.....	12
	G.3.2 Aluminium	12
	G.3.3 Aluminium profielen	13
	G.3.4 Kabels	13
	G.3.5 Banden	13
G.4.	Berekeningsmethode	14
	G.4.1 Modelling	14
	G.4.2 Krachtswerking tentconstructies.....	15
	G.4.3 Belastingcombinaties.....	16
G.5.	Belastinggevallen	17
	G.5.1 Eigen gewicht	17
	G.5.2 Voorspanning.....	17
	G.5.3 Conventionele belasting	17
	G.5.4 Sneeuw, ijs of regen	17
	G.5.5 Windbelasting	18
G.6.	Berekeningsresultaten	20
	G.6.1 Overzicht van de berekende belastingcombinaties.....	20
	G.6.2 CO1 – Voorspanning + Eigen gewicht	21
	G.6.3 CO2 – Wind	22
	G.6.4 CO3 – Conventioneel	24
	G.6.5 Overzicht van de statische analyse	26
G.7.	Sterkte toetsing elementen	28
	G.7.1 Kolom.....	28
	G.7.2 Ligger	28
	G.7.3 Drukstaaf	28
	G.7.4 Kabel.....	29
	G.7.5 Band	29
G.8.	Sterkte toetsing verbindingen	30
	G.8.1 Hoekstuk.....	30
	G.8.2 Inschuifstuk mast.....	32
	G.8.3 Voetplaat.....	33
G.9.	Veiligheid tegen verschuiven, opwaaien en omwaaien	34
G.10.	Bijlagen	38
	G.10.1 Unity checks	38
	G.10.2 Easy bijlage	41

G.1. Project beschrijving

De 5x5 pagoda van Partyspace is een structuur opgebouwd uit aluminium buizen welke met gietstukken momentvast verbonden zijn. De mast wordt tussen een kabelkruis en het doek gedrukt waardoor er spanning in het doek komt. De structuur is berekend met afspanning.

G.2. Geometrie

De pagoda in deze statische berekening heeft de volgende afmetingen:



Figuur 1: 3D model in Easy Beam

Overspanning: 5.0m

Nokhoogte: 4.7m

Wandhoogte: 2.5m

Hoek banden: 45°

G.3. Materialen en doorsneden

G.3.1 Staal

Tabel 1: Gebruikte materiaalfactoren

Materiaalfactor (sterkte)	γ_{m0}	1.1	art. 6.1. NEN-EN 1993-1-1
Materiaalfactor (stabiliteit)	γ_{m1}	1.1	art. 6.1. NEN-EN 1993-1-1
Materiaalfactor (trek tot aan breuk / verbindingen)	γ_{m2}	1.25	tbl. 2.1. NEN-EN 1993-1-8

Tabel 2: Gebruikte staalsoorten

Materiaal	Gewicht	E-modulus	f_y	f_u
S235	7850 kg/m ³	210000 N/mm ²	235 N/mm ²	360 N/mm ²

G.3.2 Aluminium

Tabel 3: Gebruikte materiaalfactoren

Materiaalfactor (sterkte)	γ_{m0}	1.1	tbl. 6.1. NEN-EN 1999-1-1
Materiaalfactor (stabiliteit)	γ_{m1}	1.1	tbl. 6.1. NEN-EN 1999-1-1
Materiaalfactor (trek tot aan breuk / verbindingen)	γ_{m2}	1.25	tbl. 6.1. NEN-EN 1999-1-1
Materiaalfactor (gietstuk)	γ_{m2}	2.0	Art. C.3.4NEN-EN 1999-1-1

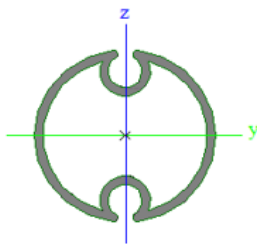
Tabel 4: Gebruikte aluminium soorten

Materiaal	Gewicht	E-modulus	f_y	f_u
EN-AW 6061 T6	2700 kg/m ³	70000 N/mm ²	240 N/mm ²	260 N/mm ²
Gietstuk (70%) ADC12 / 383 / 226A	2700 kg/m ³		106 N/mm ²	217 N/mm ²

Waarden voor het gietstuk zijn 70% van de waarden gegeven in DIN 1725 voor aluminiumlegering met de naam: ADC12/383/226A

G.3.3 Aluminium profielen

Doorsnede	Materiaal	b	h	t	G	A	I _y	I _z	Wel;y	Wel;z	Wpl;y	Wpl;z
		mm	mm	mm	kg/m ¹	mm ²	mm ⁴	mm ⁴	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³
1 – ligger / kolom	EN-AW 6061 T6	63.5	63.5	3.0	1.97	729	316520	268100	10065	8444	13976	11990
2 – mast (lang)	EN-AW 6061 T6	50.5	50.5	3.0	1.21	448	126763	126763	5020	6778	5020	6778
3 – mast (kort)	EN-AW 6061 T6	57.5	57.5	3.0	1.39	514	191287	191287	6653	8920	6653	8920



1.

G.3.4 Kabels

Tabel 5: Gebruikte aanduidingen en normen/artikelen kabels

Ontwerp trekkracht	F_{rd}	$(K_e \cdot R_m) / \gamma_{m1}$	
Breekkracht (MBL)	R_m		
Eindfactor	K_e	0.9	art 6.2 NEN-EN 1993-1-11
Materiaalfactor	γ_{m1}	2.0	art 10.2 NEN-EN13782

Tabel 6: Gebruikte kabels

Materiaal	Diameter	MBL	F _{rd}
7x19, verzinkt, 1960 N/mm ²	10 mm	71.0 kN	31.95 kN

G.3.5 Banden

Tabel 7: Gebruikte aanduidingen en normen/artikelen bandmateriaal

Ontwerp trekkracht	F_{rd}	R_m / γ_{m1}	
Breekkracht	R_m	$LC \times \gamma_{m2}$	
"Lashing Capacity"	LC		
Materiaalfactor	γ_{m1}	2.0	art 10.2 NEN-EN13782
Materiaalfactor	γ_{m2}	3.0	EN12195-2

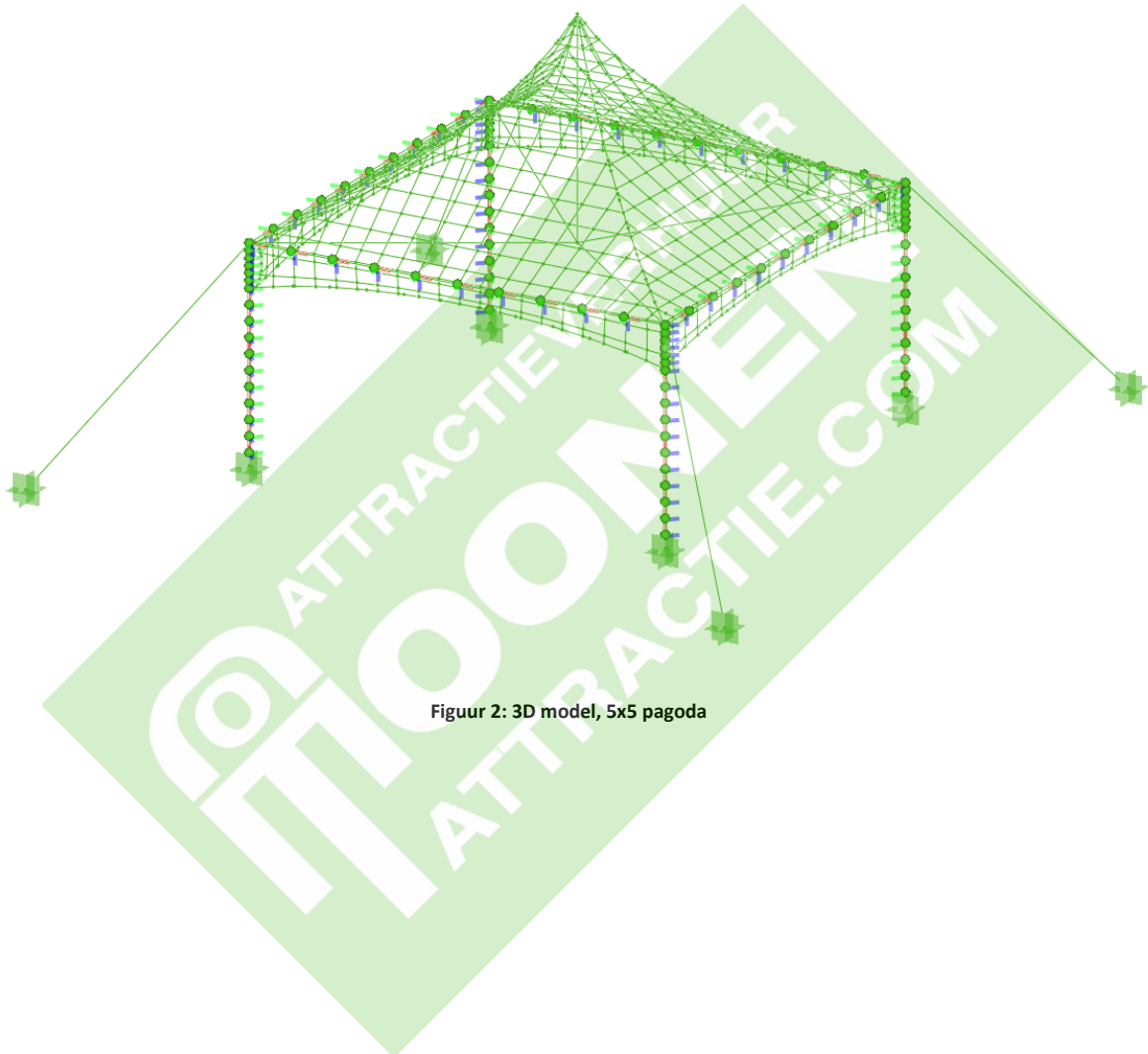
Tabel 8: Gebruikte banden

Materiaal	Breedte	LC	Breeklast	F _{rd}	Verlenging bij breuk
PES EN 12195-2	25 mm	1000 daN 10 kN	3000 daN 30 kN	15.0 kN	< 7%

G.4. Berekeningsmethode

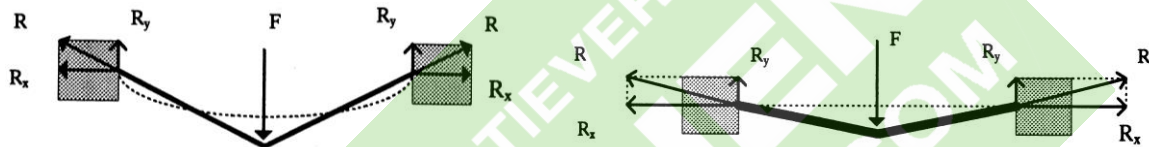
G.4.1 Modelling

De tentconstructie is 3d gemodelleerd. Het membraan is geconcretiseerd als een kabelnet en wordt verbonden met een aluminium frame middels trek elementen. De verbindingen tussen de aluminium buizen zijn momentvast gemodelleerd en het frame is scharnierend ondersteund aan de grond. De windbelastingen worden op het oppervlak van het membraan aangebracht. Krachten door wind op de wanden worden als puntlasten op het frame aangebracht.



G.4.2 Krachtswerking tentconstructies

De krachtswerking van een tentconstructie is gebaseerd op het vervormen van het doek. Aangezien doek een relatief rekbaar materiaal is, heeft dit ten opzichte van conventionele gebouwen grote vervormingen tot gevolg. Het is dan ook niet mogelijk om lineair te rekenen. Daarom wordt gebruik gemaakt van het niet-lineair softwareprogramma Easy FSC. De niet-lineariteit van de berekeningen heeft tot gevolg dat de belastingfactoren niet op voorhand op de belasting worden gezet, maar naderhand. Dit om te voorkomen dat de vervormingen door de extra belastingfactoren worden vergroot, wat positief werkt voor de optredende spanningen (ter verduidelijking: een diep doorhangende kabel heeft lagere spatkrachten dan een weinig doorhangende kabel, zie: Figuur 3. Spatkrachten doorhangende kabel). Het is in dit geval dus een onveilige aanname om de belastingfactoren op voorhand op de belasting te zetten. Ook kunnen de krachten niet lineair worden teruggerekend. Dit heeft tot gevolg dat er niet gedifferentieerd kan worden in de belastingfactoren, aangezien de verschillende belastinggevallen reeds gecombineerd zijn tot een belastingcombinatie.



Figuur 3. Spatkrachten doorhangende kabel

Dit in overeenkomst wat er in artikel 6.3.(4) b van de NEN-EN-1990:2002 genoemd staat:

Wanneer het belastingseffect minder toeneemt dan de belasting, behoort de partiële factor γF te zijn toegepast op het belastingseffect van de representatieve waarde van de belasting.

G.4.3 Belastingcombinaties

G.4.3.1 Fundamenteel – Uiterste grenstoestand

Ten behoeve van sterkte bepaling/controler elementen en verbindingen.

Tabel 9: Belastingcombinaties ULS conform NEN-EN 13782

	Enkele variabele belasting	Meerdere variabele belastingen
Ongunstige permanente belasting	$1.35 \times G + 1.5 \times Q$	$1.35 \times G + \sum 1.35 \times Q_i$
Gunstige permanente belasting	$1.0 \times G + 1.5 \times Q$	$1.0 \times G + \sum 1.35 \times Q_i$

Dit betekent dat de volgende belastingcombinaties berekend/gecontroleerd worden:

1. $1.35 \times EG + 1.35 \times$ Conventionele belasting
2. $1.0 \times EG + 1.5 \times$ Windbelasting

G.4.3.2 Veiligheid tegen omwaaien, verschuiven en opwaaien – Uiterste grenstoestand

Ten behoeve van bepaling/controler benodigde ballast en/of ankerpennen.

Tabel 10: Belastingcombinaties SLS conform NEN-EN 13782

	Enkele of meerdere variabele belastingen
Ongunstige permanente belasting	$1.1 \times G + 1.2 \times Q_{wind} + \sum 1.3 \times Q_i$
Gunstige permanente belasting	$1.0 \times G + 1.2 \times Q_{wind} + \sum 1.3 \times Q_i$

Dit betekent dat de volgende belastingcombinaties berekend/gecontroleerd worden:

1. $1.0 \times EG + 1.2 \times$ Windbelasting

G.5. Belastinggevallen

G.5.1 Eigen gewicht

Het eigen gewicht van het doek inclusief bevestigingsmaterialen is 1 kg/m² (0.01 kN/m²). Het gewicht van de stalen elementen wordt automatisch meegenomen door de rekensoftware (7850 kg/m²).

G.5.2 Voorspanning

De constructie wordt voorgespannen middels de drukstaaf tussen het kabelkruis en het hoogpunt van het doek. In het rekenmodel is de langste lengte van drukstaaf meegenomen in de berekening.

Als de structuur wordt gebouwd met afspanning zal er een voorspanning van 1.8 kN aangebracht moeten worden middels een ratel aan de spanband.

G.5.3 Conventionele belasting

De stabiliteit van de constructie moet worden gecontroleerd met een neerwaartse belasting van 0.1 kN/m² welke alleen gecombineerd wordt met eigen gewicht.

G.5.4 Sneeuw, ijs of regen

Volgens de NEN-EN 13782 (7.4.3) hoeft de constructie niet berekend te worden met sneeuwbelasting indien deze:

- Opgebouwd wordt in gebieden waar sneeuwval niet waarschijnlijk is.
- Operationeel is in een tijd van het jaar waarin de waarschijnlijkheid van sneeuwval verwaarloosd kan worden.
- Door ontwerp of operationele voorwaarden gevrijwaard is van sneeuwaanhechting op de tent.
- Door van te voren geplande operationele acties gevrijwaard is van sneeuwaanhechting op de tent.

Aan deze laatste voorwaarde kan worden voldaan door:

- Voldoende verwarmingsunits te installeren die klaar zijn voor gebruik.
- Verwarmen te starten voordat sneeuwval begint.
- De tent zo te verwarmen dat het gehele dakvlak een uitwendige temperatuur heeft van meer dan +2°C.
- De dakafdekking zodanig uit te voeren dat waterzakken of enige andere vervorming van de dakbedekking niet op kan treden.

G.5.5 Windbelasting

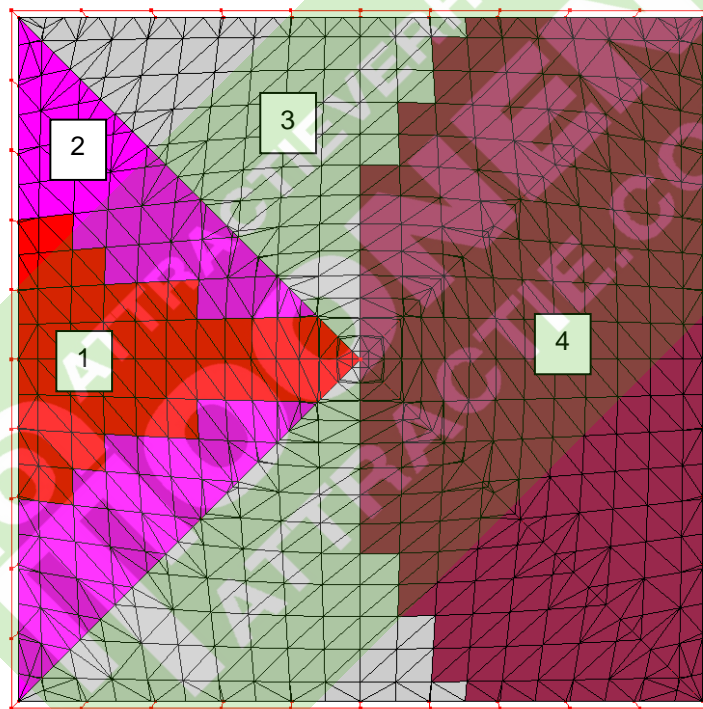
G.5.5.1 Stuwdruk

De stuwdruk die gehanteerd wordt in deze berekening is bepaald conform NEN-EN 13782. De stuwdruk die op de structuur is gemodelleerd is gereduceerd tot 0.3 kN/m^2 . In hoofdstuk F zijn de toelaatbare windsnelheden beschreven.

G.5.5.2 Vormfactoren (Cp-factoren)

Voor het bepalen van de windbelasting op de tentconstructie is één windrichting beschouwd. De structuur wordt beschouwd als kegel. De wind vormfactoren zijn vervolgens bepaald conform NEN-EN 13782, figuur A.2.

Met een gemiddelde dakhoek van 35° zijn de vormfactoren bepaald voor 4 delen van het dakvlak.

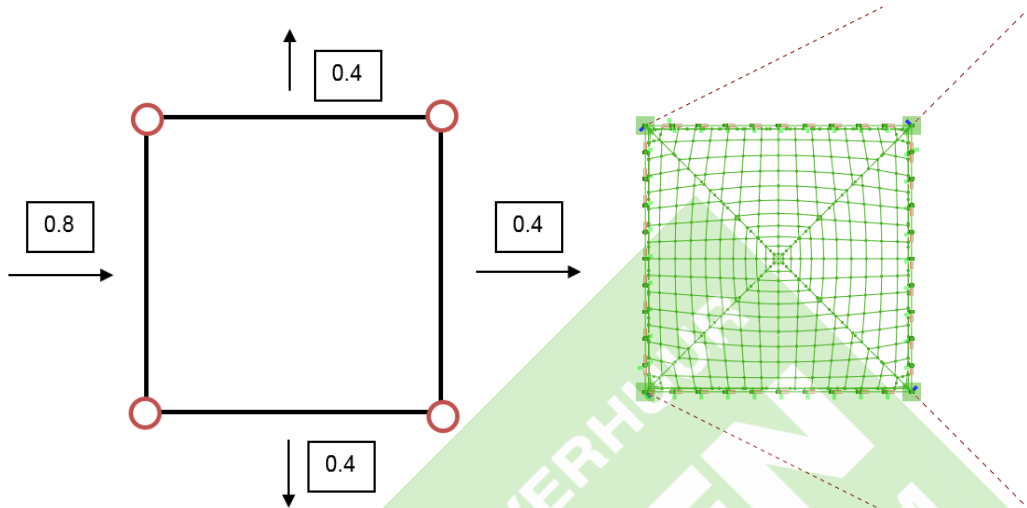


Figuur 4: Vormfactoren kegel

1. Rood:	0.48
2. Paars:	-0.02
3. Grijs:	-0.69
4. Bordeaux:	-0.25

G.5.5.3 Wind op de wanden

De windbelasting uit de wanden is meegenomen als puntlasten op de hoeken van het frame. De volgende vormfactoren (cp-factoren) zijn hiervoor gebruikt:



Figuur 5: Vormfactoren wanden

Met de hoogte en de breedte van de wanden is per wand een kracht berekend welke verdeeld wordt over de hoekpunten van het wandvlak. De kracht die naar de onderste twee punten wordt gebracht wordt meegenomen in de berekening van de benodigde verankering.

Hoogte wand: 2.5m

Breedte wand: 5.0m

$$F_{1,druk} = \frac{b * h * cp * qp}{4} = \frac{5 * 2.5 * 0.8 * 0.3}{4} = 0.75 \text{ kN}$$

$$F_{2,zuiging} = \frac{b * h * cp * qp}{4} = \frac{5 * 2.5 * 0.4 * 0.3}{4} = 0.38 \text{ kN}$$

G.6. Berekingsresultaten

G.6.1 Overzicht van de berekende belastingcombinaties

LC 1 = Voorspanning + eigen gewicht

LC 2 = Wind

LC 3 = Conventionele belasting

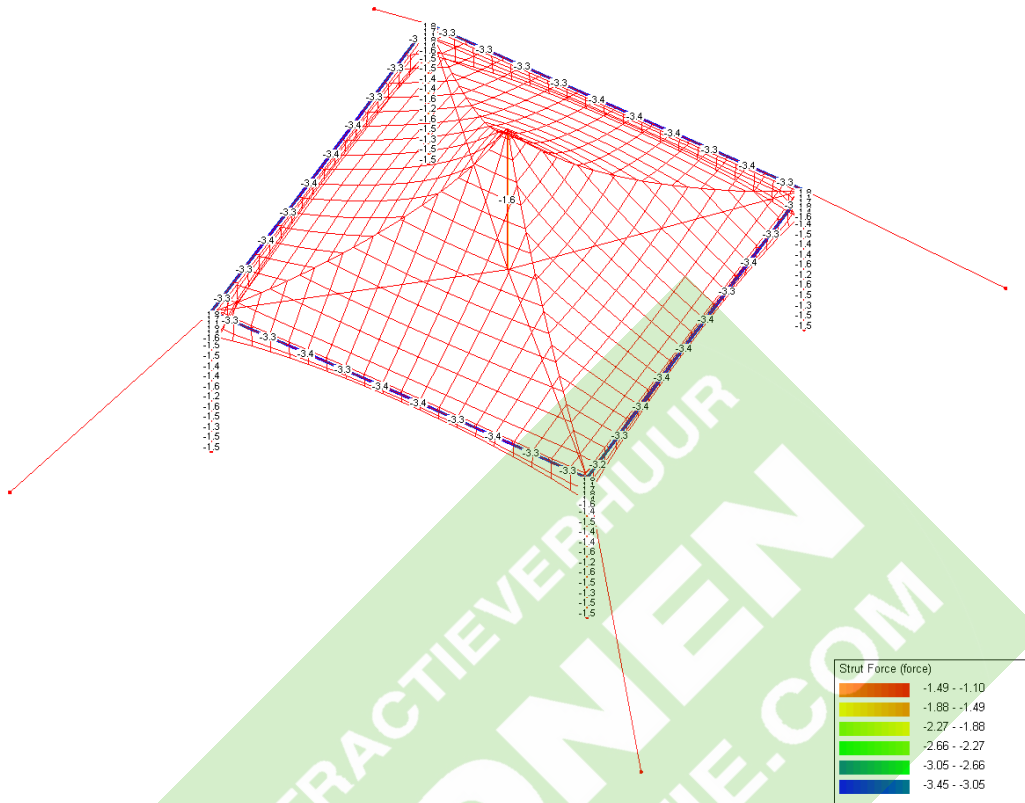
Veiligheidsfactoren op de belasting worden in de toetsingen van de verschillende elementen meegenomen.

Tabel 11: Belastingcombinaties

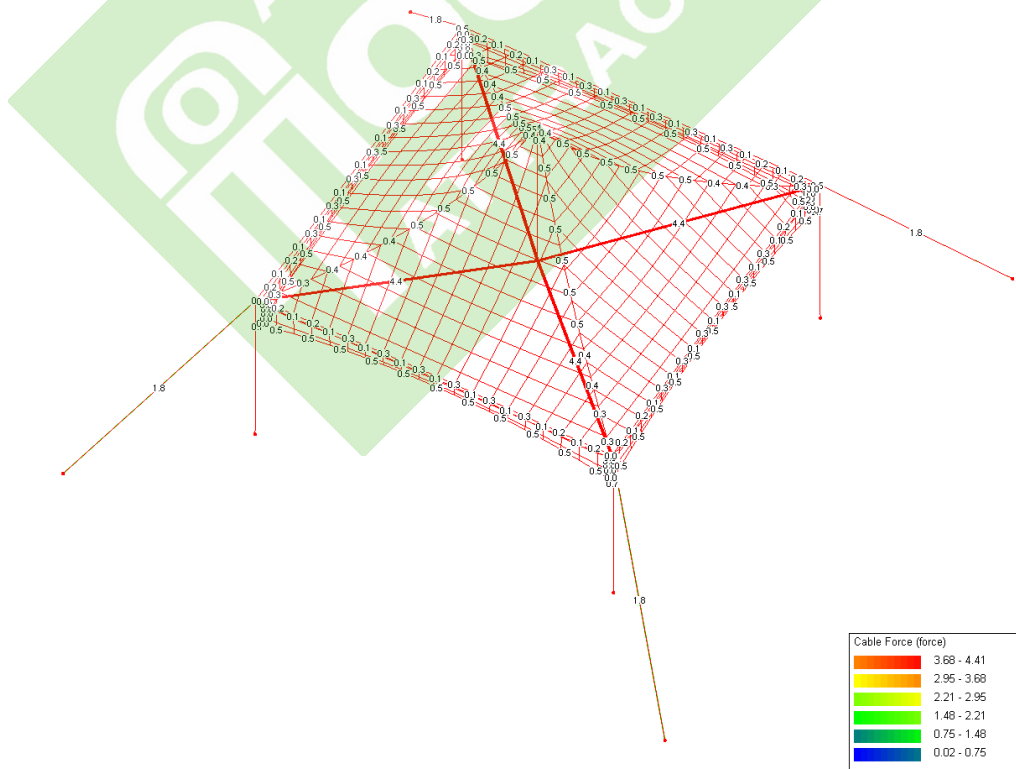
	LC 1	LC 2	LC 3
CO 1	1 x		
CO 2	1 x	1 x	
CO 3	1 x		1 x

De resultaten van de belastingcombinaties die gebruikt worden in de toetsingen worden hieronder weergegeven.

G.6.2 CO1 – Voorspanning + Eigen gewicht

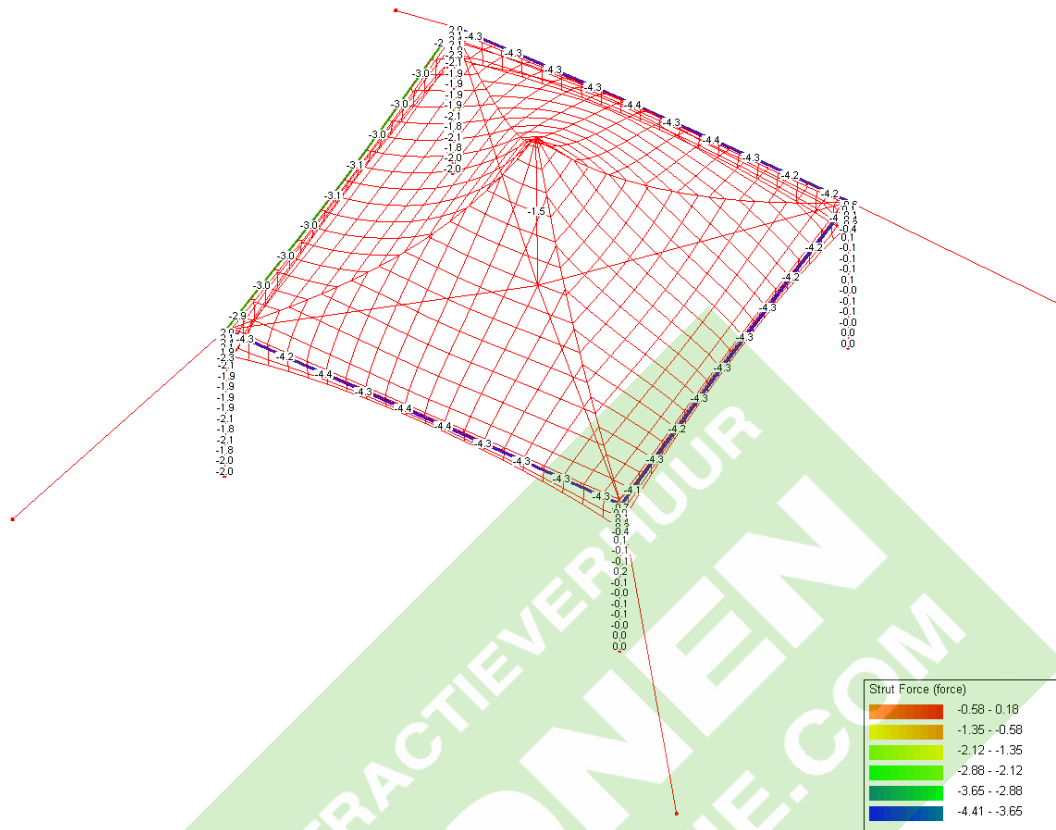


Figuur 6: Normaalkrachten in druk elementen in kN (Frep)

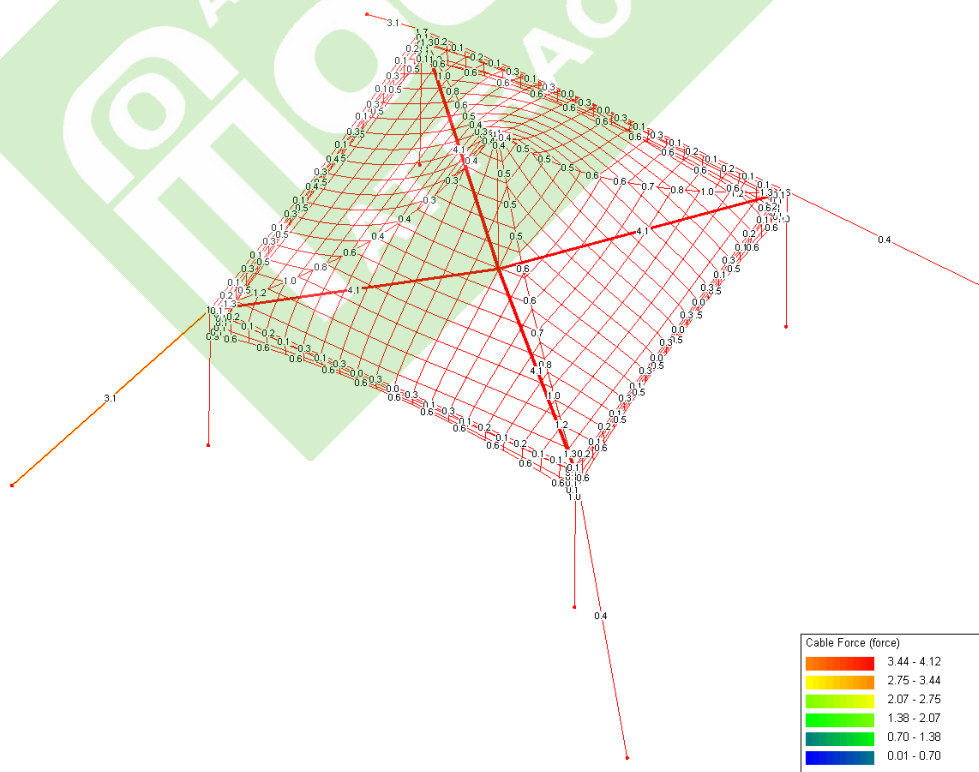


Figuur 7: Normaalkrachten in trekelementen in kN (Frep)

G.6.3 CO2 – Wind



Figuur 8: Normaalkrachten in druk elementen in kN (Frep)

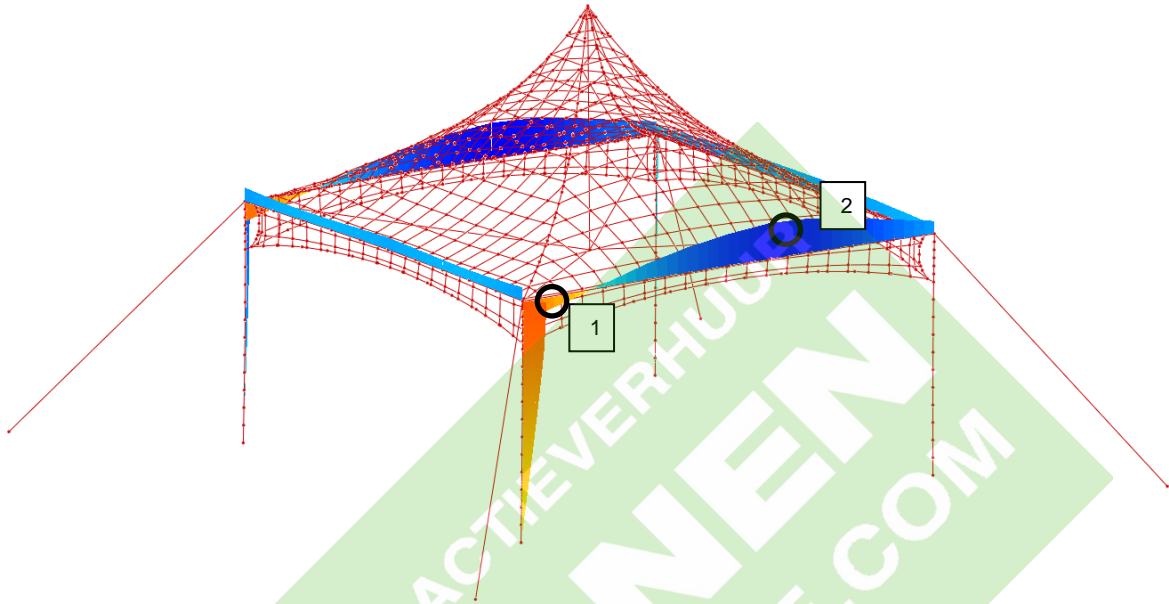


Figuur 9: Normaalkrachten in trekelementen in kN (Frep)

G.6.3.1 My (Mrep)

1 - My,kolom = 0.12 kNm

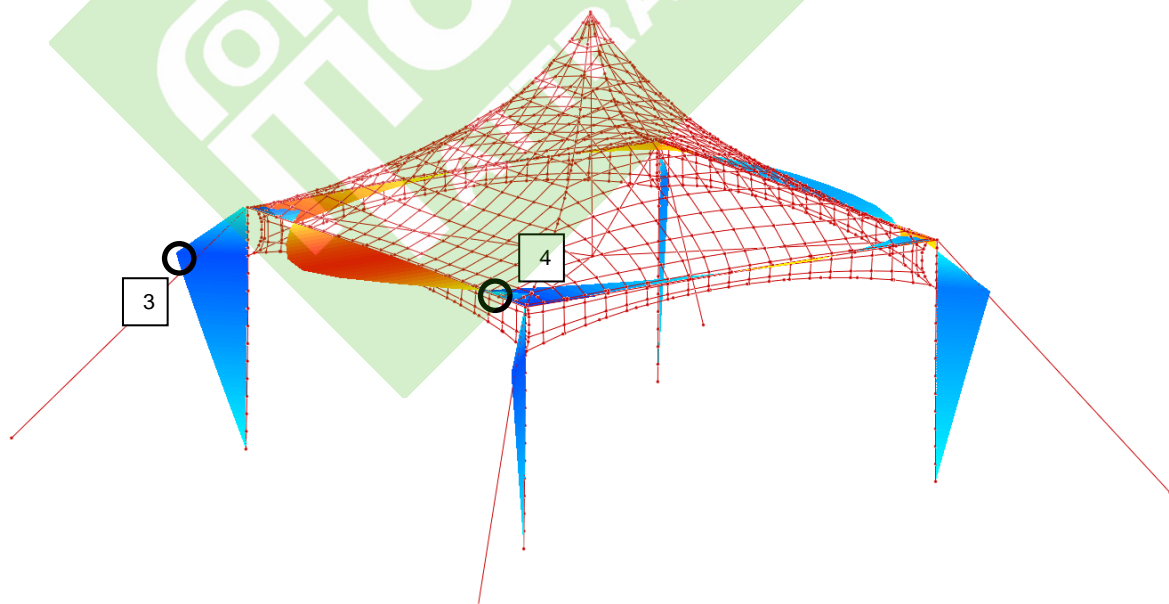
2 - My,ligger = 0.19 kNm



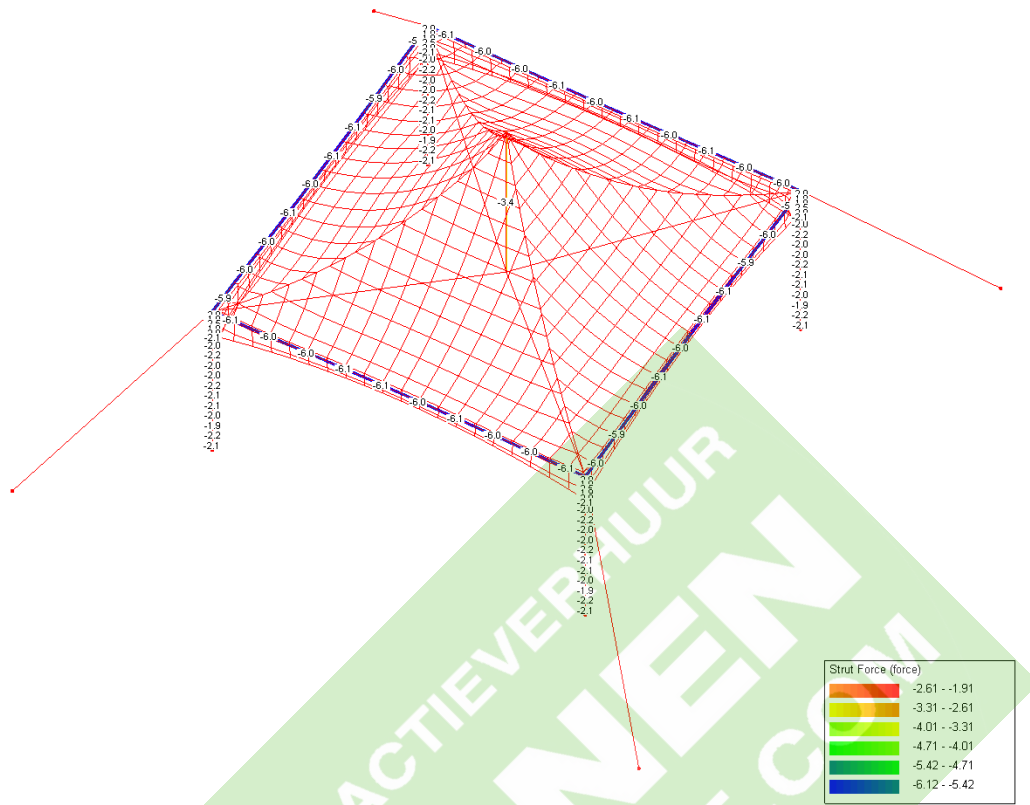
G.6.3.2 Mz (Mrep)

3 - Mz,kolom = 0.37 kNm

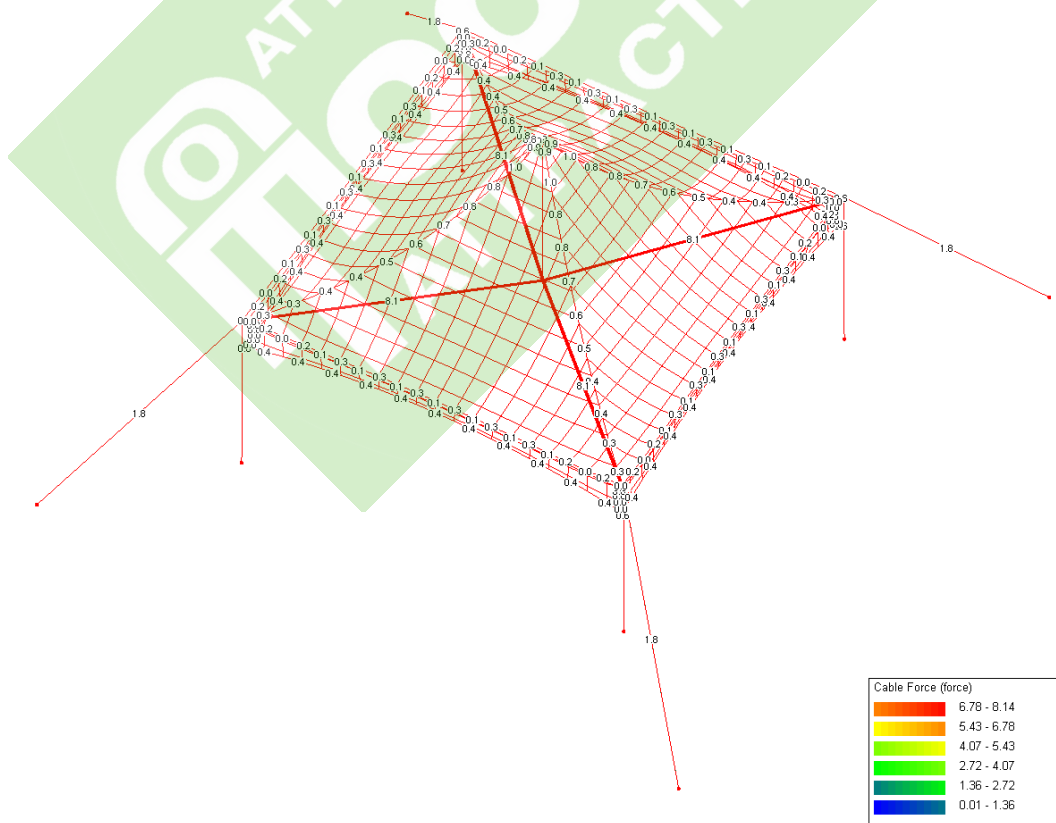
4 - Mz,ligger = 0.42 kNm



G.6.4 CO3 – Conventioneel



Figuur 10: Normaalkrachten in druk elementen in kN (Frep)

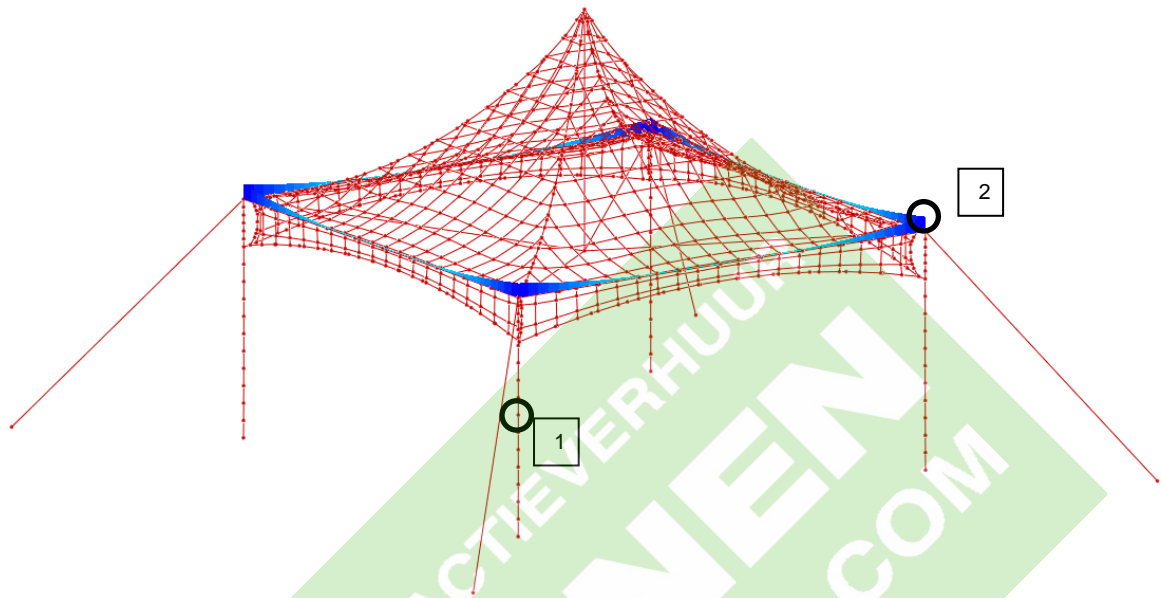


Figuur 11: Normaalkrachten in trekelementen in kN (Frep)

G.6.4.1 My (Mrep)

1 - My,kolom = 0.00 kNm

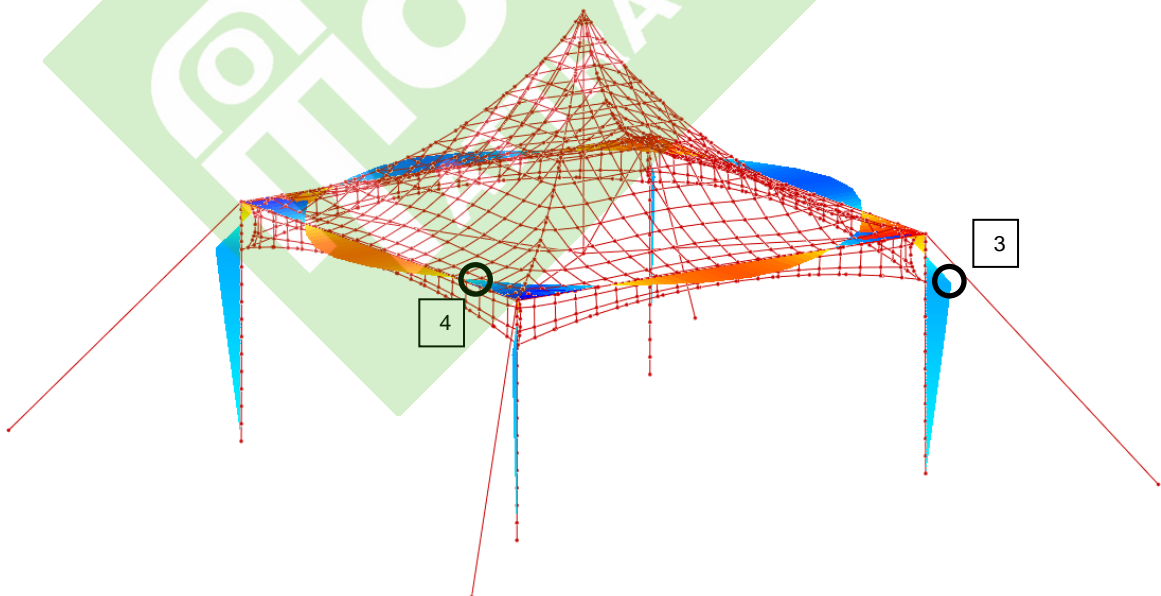
2 - My,ligger = 0.08 kNm



G.6.4.2 Mz (Mrep)

3 - Mz,kolom = 0.13 kNm

4 - Mz,ligger = 0.42 kNm



G.6.5 Overzicht van de statische analyse

De veiligheidsfactoren op de belasting worden in het volgende overzicht meegenomen.

Tabel 12: Veiligheidsfactoren conform NEN-EN 13782

	γ
Wind	1.5
Conventioneel	1.35

G.6.5.1 Kolom

Toetsing is uitgevoerd met maximale druk en buigend moment.

Tabel 13: Overzicht van resultaten - kolom

	Frep	Fd	My,rep	My,d	Mz,rep	Mz,d	Pag.
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
CO2 – Wind	-2.40	-3.60	0.12	0.18	0.37	0.56	22
CO3 - Conventioneel	-2.50	-3.38	0.00	0.00	0.13	0.18	24

G.6.5.2 Ligger

Toetsing is uitgevoerd met maximale druk en buigend moment.

Tabel 14: Overzicht van resultaten - ligger

	Frep	Fd	My,rep	My,d	Mz,rep	Mz,d	Pag.
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
CO2 – Wind	-4.40	-6.60	0.19	0.29	0.42	0.63	22
CO3 - Conventioneel	-6.10	-8.24	0.08	0.11	0.42	0.57	24

G.6.5.3 Drukstaaf

Toetsing is uitgevoerd met maximale druk in het element.

Tabel 15: Overzicht van resultaten - drukstaaf

	Frep	Fd	Pag.
	[kN]	[kN]	
CO2 – Wind	-1.50	-2.25	22
CO3 - Conventioneel	-3.43	-4.63	24

G.6.5.4 Kabel

Toetsing is uitgevoerd met maximale trek in het element.

Tabel 16: Overzicht van resultaten - kabel

	Frep	Fd	Pag.
	[kN]	[kN]	
CO2 – Wind	4.1	6.2	22
CO3 - Conventioneel	8.1	10.9	24

G.6.5.5 Band

Toetsing is uitgevoerd met maximale trek in het element.

Tabel 17: Overzicht van resultaten - banden

	Frep	Fd	Pag.
	[kN]	[kN]	
CO2 – Wind	3.1	4.7	22
CO3 - Conventioneel	1.8	2.4	24

G.7. Sterkte toetsing elementen

G.7.1 Kolom

Maatgevende check: buigend moment gecombineerd met druk

Kniklengte: 2298mm (uit stabiliteitscheck)

Combinatie	Element	Type	Ontwerp kracht
CO2	Kolom	N	-3.60 kN
		My	0.18 kNm
		Mz	1.56 kNm

Profiel: 63.5 x 3 [EN-AW 6061 T6]

	Maatgevende check	Uitwerking		
UC.1	NEN-EN 1999-1-1 art 6.3.3.1	G.10.1.1	UC = 0.41	OK

G.7.2 Ligger

Maatgevende check: buigend moment gecombineerd met druk

Kniklengte: 3498mm (uit stabiliteitscheck)

Combinatie	Element	Type	Ontwerp kracht
CO3	Ligger	N	-8.24 kN
		My	0.11 kNm
		Mz	0.57 kNm

Profiel: 63.5 x 3 [EN-AW 6061 T6]

	Maatgevende check	Uitwerking		
UC.2	NEN-EN 1999-1-1 art 6.3.3.1	G.10.1.2	UC = 0.91	OK

G.7.3 Drukstaaf

Maatgevende check: buigend moment gecombineerd met druk

Kniklengte: 2530mm

Combinatie	Element	Type	Ontwerp kracht
CO3	Drukstaaf	N	-4.63 kN

Profiel: 50.5 x 3 [EN-AW 6061 T6]

	Maatgevende check	Uitwerking		
UC.3	NEN-EN 1999-1-1 art 6.3.3.1	G.10.1.3	UC = 0.48	OK

G.7.4 Kabel

Maatgevende check: trek in de kabel

Combinatie	Element	Type	Ontwerp kracht
CO3	Kabelkruis	N	10.9 kN

Kabel: Ø 10 [7x19, verzinkt, 1960 N/mm²]

	Materiaalgegevens	Weerstandswaarde		
UC.4	G.3.4	Frd = 31.95 kN	UC = 10.9 / 31.95 = 0.34	OK

G.7.5 Band

Maatgevende check: trek in de band

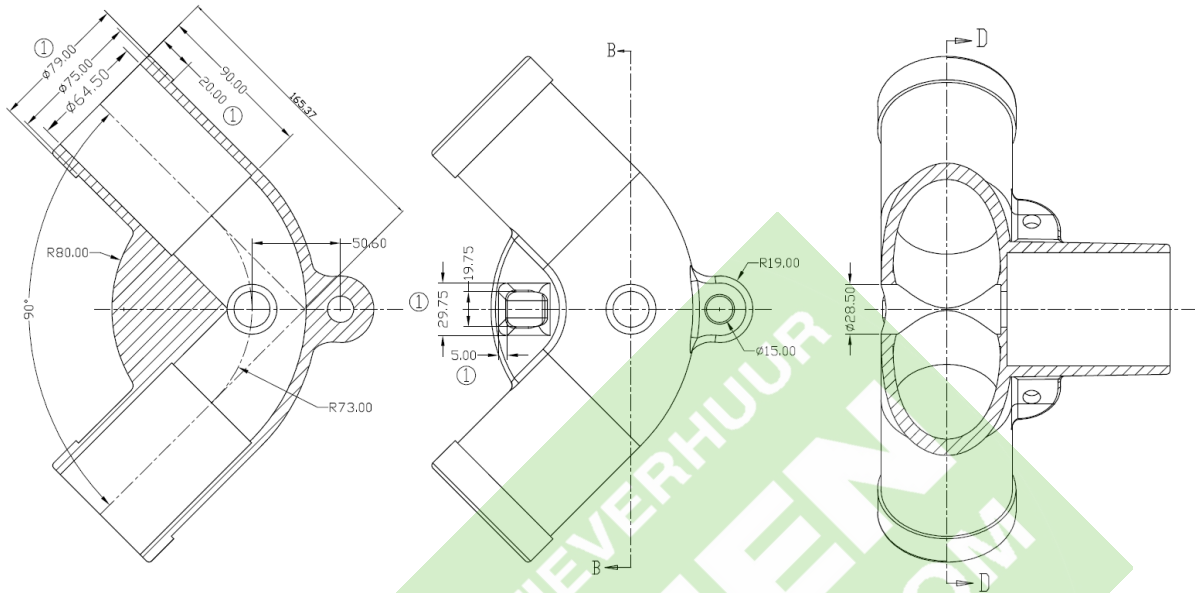
Combinatie	Element	Type	Ontwerp kracht
CO2	Band	N	4.7 kN

Band: PES 25mm – LC 1000 daN

	Materiaalgegevens	Weerstandswaarde		
UC.5	G.3.5	Frd = 15.0 kN	UC = 4.7 / 15.0 = 0.31	OK

G.8. Sterkte toetsing verbindingen

G.8.1 Hoekstuk



Gietstuk inschuifstuk: Ø75 x 5.25 mm (inschuiflengte = 90mm)

Het hoekstuk van de tent is een aluminium gietstuk met kwaliteit ADC12. De waarden voor dit gietaluminium zijn 70% van de waarden uit de documentatie van dit materiaal.

$$f_0 = 106 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_u = 217 \frac{N}{mm^2}$$

$$\gamma_{m0} = 1.25$$

$$\gamma_{mu} = 2.0$$

Het buigend moment uit het model zal door dit gietstuk opgenomen moeten worden, tevens wordt de snede getoetst die wordt opengetrokken door de optredende dwarskracht.

Maximale dwarskracht uit belastingcombinatie CO2:

$$F_v = \sqrt{0.7^2 + 0.1^2} * \gamma = 0.71 * 1.5 = 1.06 \text{ kN}$$

Element	Force	Value	Model	Combinatie
Hoekstuk 5x5m	My	0.18 kNm	5x5m	CO2
	Mz	0.63 kNm	5x5m	CO2

Check	Weerstand berekening	Weerstand waarde	Ontwerp waarde	Unity Check
Trek in snede gietstuk	G.8.1.1	49.6 kN	1.06 kN	0.02
Buigend moment door gietstuk	G.8.1.2	2.04 kNm	0.63 kNm	0.31

G.8.1.1 Trek in snede gietstuk

Het oppervlak wat trek opneemt wordt meegenomen in de berekening, dit zijn twee vlakken met een lengte 90mm en breedte 5.25mm.

$$F_{max} = \frac{\sigma_0}{\gamma_m} * A = \frac{106}{2.0} * 2 * 90 * 5.25 = 49.6 \text{ kN}$$

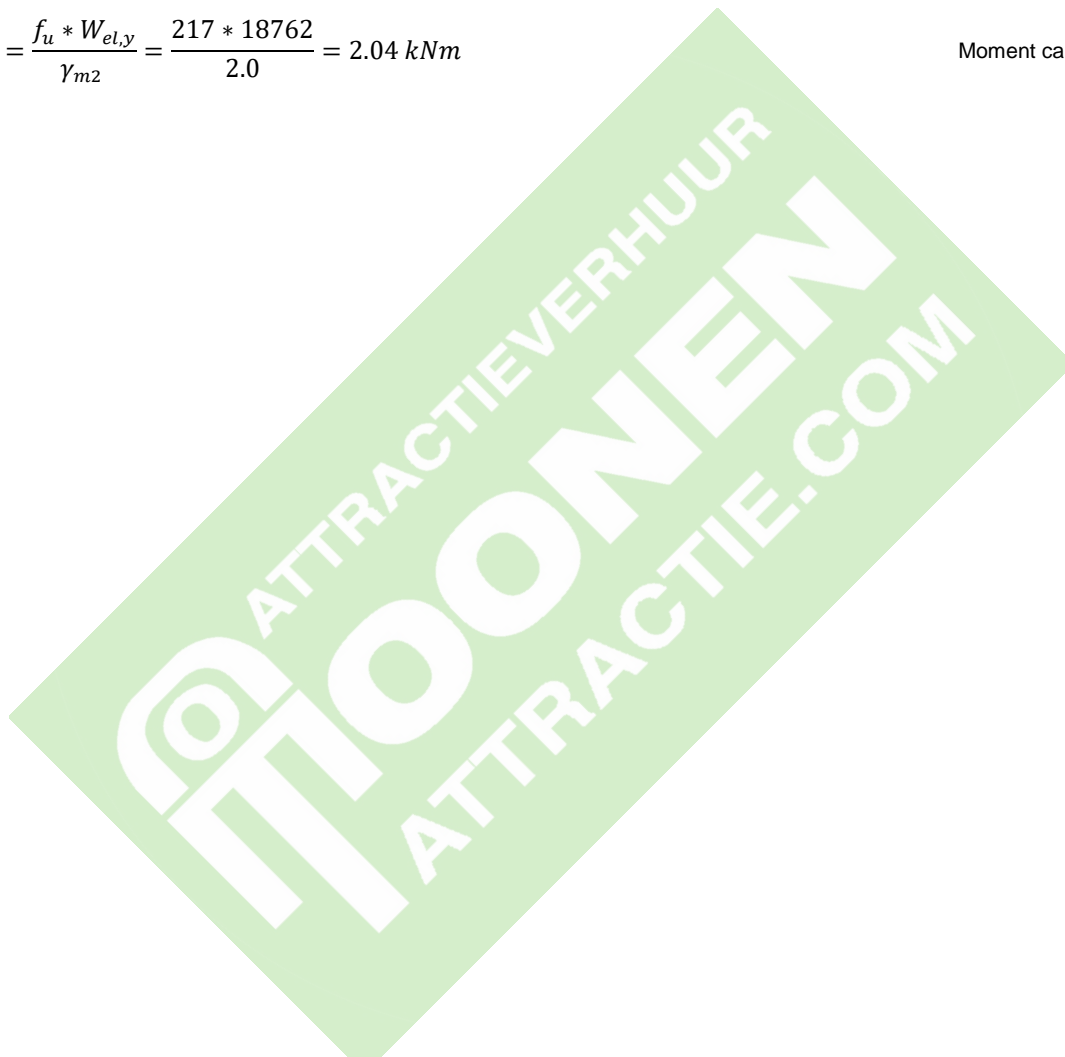
Trek capaciteit in snede

G.8.1.2 Buigend moment door gietstuk

Ø75 x 5.25 mm

$$M_{Rd} = \frac{f_u * W_{el,y}}{\gamma_{m2}} = \frac{217 * 18762}{2.0} = 2.04 \text{ kNm}$$

Moment capaciteit



G.8.2 Inschuifstuk mast

Element	Force	Value	Model	Combinatie
Inschuifstuk mast	N (normal force, druk)	-4.63 kN	5x5m	CO3

Kracht kan verdeeld worden over twee snedes:

$$F_{sneede} = \frac{F}{2} = \frac{4.63}{2} = 2.32 \text{ kN}$$

M6 bout (S235), verdikt tot 9mm staal bij sneede.



Check	Weerstand berekening	Weerstand waarde	Ontwerp waarde	Unity Check
Pen door aluminium (M6, S235)	G.8.2.1	8.84 kN	2.32 kN	0.26

G.8.2.1 Pen door aluminium (M6, S235)

$$F_{b,buiten} = \frac{1.5 \times f_0 \times d \times t}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \times 240 \times 9 \times 3}{1.1} = 8.84 \text{ kN}$$

Bearing resistance aluminium
NEN-EN 1999-1-1 table 8.7

$$F_{b,binnen} = \frac{1.5 \times f_0 \times d \times t}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \times 240 \times 9 \times 3}{1.1} = 8.84 \text{ kN}$$

Bearing resistance aluminium
NEN-EN 1999-1-1 table 8.7

$$F_{v,Rd,pen} = \frac{0.6 \times f_{up} \times A}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \times 360 \times 64}{1.25} = 11.0 \text{ kN}$$

Shear resistance
NEN-EN 1993-1-8 table 3.10

$$M_{Rd} = \frac{1.5 \times W_{el} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \times 72 \times 235}{1.1} = 0.0229 \text{ kNm}$$

Bending moment resistance pen
NEN-EN 1993-1-8 table 3.10

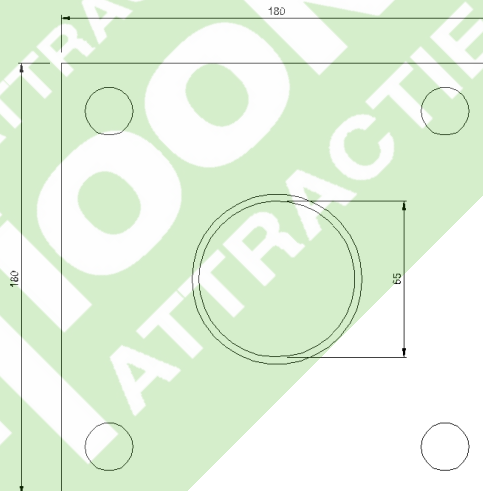
$$\left(\frac{Fd \times 0.00325}{Mrd}\right)^2 + \left(\frac{Fd}{FvRd}\right)^2 \leq 1.0$$

Maximum combination of bending and shear
NEN-EN 1993-1-8 table 3.10

G.8.3 Voetplaat

Stalen (S235) voetplaat met dikte 3mm. Aangezien de tent direct wordt afgespannen naar de ankers zal de kolom altijd op druk belast zijn waardoor deze verbinding niet getoetst dient te worden op trek.

Aleen de horizontale component uit de verankering wordt gebruikt voor de toetsing (zie G.9.1.1.1 voor de bepaling van deze horizontale component).



$$R_{xy,totaal} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{0.75^2 + 0.38^2} = 0.84 \text{ kN}$$

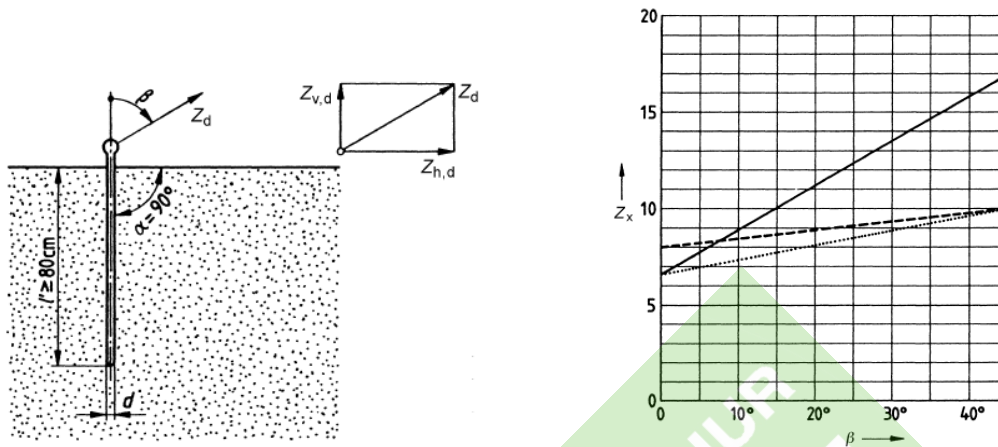
Check	Weerstand waarde	Ontwerp waarde	Unity Check
Stuik van het staal (t = 3mm, S235)	15.4 kN	1.26 kN	0.08

$$F_b = \frac{1.5 \times f_y \times d \times t}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \times 235 \times 16 \times 3}{1.1} = 15.4 \text{ kN}$$

Bearing resistance steel
NEN-EN 1993-1-8 table 3.10

G.9. Veiligheid tegen verschuiven, opwaaien en omwaaien

$$F_{rd} = Z_d = F_{rep,spanband} \times \gamma_F$$



Angle of pull	Load bearing capacity <i>N</i>
$\beta = 0$	$Z_d = 6,5 dl'$ for stiff cohesive and for dense cohesion less soils
$\beta = 0$	$Z_d = 8 dl'$ for very stiff cohesive soils
$\beta \geq 45$	$Z_d = 10 dl'$ for cohesive soils of at least medium to stiff consistency
$\beta \geq 45$	$Z_d = 17 dl'$ for dense cohesion less soils
$0 < \beta < 45$	The load bearing capacity for the soil types shall be determined by interpolation

Z_d is the anchor service load (service load), in N;

$Z_{h,d}$ is the horizontal anchor service load, in N;

$Z_{v,d}$ is the vertical anchor service load, in N;

d is the anchor diameter, in cm;

l' is the depth of penetration in cm;

α is the angle of penetration;

β is the angle of acting tensile force to the vertical

Figuur 12: Principe van toegepaste anker

Combinatie	Element	Frep	Ontwerp kracht ($\gamma = 1.2$)
CO2	Voetstuk	0.84 kN	1.01 kN

De druk in de kolom wordt meegenomen om de benodigde verankering te verminderen (NEN-EN 13782). 70% procent van de drukkracht mag worden meegenomen. Voor de wrijvingsfactor wordt 0.4 aangehouden (stalen voetplaat op hout).

$$\mu^- * \gamma * N_k + Z_{h,d} \geq \gamma * H_k$$

$$\text{met } \mu^- = 0.7 * \mu$$

UC.6	F_d / Z_{ud}	$1.01 / ((0.7*0.4*1*2)+(1*1.20)) = 0.57 < 1$	OK
-------------	----------------	--	----

G.9.1.1.2. Afspanning

Met ankers $\varnothing 1.6 \times 56\text{cm}$ ($l_{\text{eff}} = 44\text{cm}$) is de ankercapaciteit berekend voor 2 verschillende grondtype.

De ankercapaciteit (UC.7) is berekend voor de structuur met ankers $\varnothing 1.6 \times 56\text{cm}$ bij een dichte, niet samenhangende grond (harde zandgrond):

$$\beta = 45^\circ$$

$$\text{Lengte van anker in de grond } l' = 44\text{cm}$$

$$\text{Diameter van het anker } d = 1.6\text{cm}$$

$$f_{\text{load}} = 17.0$$

$$Z_{ud} = f_{\text{load}} \times d \times l' = 17.0 \times 1.6 \times 44 = 1.20 \text{ kN}$$

De ankercapaciteit (UC.8) is berekend voor de structuur met ankers $\varnothing 1.6 \times 56\text{cm}$ bij een samenhangende grond (klei of leemgrond):

$$\beta = 45^\circ$$

$$\text{Lengte van anker in de grond } l' = 44\text{cm}$$

$$\text{Diameter van het anker } d = 1.6\text{cm}$$

$$f_{\text{load}} = 10.0$$

$$Z_{ud} = f_{\text{load}} \times d \times l' = 10.0 \times 1.6 \times 44 = 0.70 \text{ kN}$$

Combinatie	Element	Frep	Ontwerp kracht ($\gamma = 1.2$)
CO2	Afspanning	3.1 kN	3.72 kN

UC.7	F_d / Z_{ud}	$3.72 / (4 \times 1.20) = 0.78 < 1$	OK
UC.8	F_d / Z_{ud}	$3.72 / (6 \times 0.70) = 0.89 < 1$	OK

G.9.1.2 Ballast

De veiligheid tegen glijden wordt berekend met: $\sum \mu \gamma N \geq \sum \gamma H$ (ver. 3. NEN-EN 13782)

Met hierin

μ de wrijvingsfactor volgens tabel 3

γ de veiligheidsfactor voor belastingcombinaties, $\gamma = 1.2$ (ongunstig werkende belasting)

N de verticale belasting component (karakteristieke waarde), resulterend als benodigde ballast

H de horizontale belasting component (karakteristieke waarde).

Veiligheid tegen opwaaien wordt bepaald uit: $\sum \gamma N_{ST,k} \geq \gamma N_{m,k}$ (ver. 5. NEN-EN 13782)

Met hierin

$N_{ST,k}$ die verticale stabiliserende belasting component (karakteristieke waarde);

$N_{m,k}$ die verticale destabiliserende belasting component (karakteristieke waarde).

De horizontale kracht (F_h) is hierbij de kwadratische optelling van R_x en R_y , en verticale kracht (F_v) de verticale reactiekracht R_z .

Hieruit volgt:

Benodigde ballast (tegen glijden); $B_h = (\gamma F_h) / \mu$

Benodigde ballast (opwaai zekerheid); $B_v = \gamma F_v$

$B_{tot} = B_h + B_v$

B_{tot} = benodigde totale gewicht ballast

B_h = benodigde gewicht ballast voor horizontale kracht

B_v = benodigde gewicht ballast voor verticale kracht

Als wrijvingsfactor wordt $\mu = 0.4$ gebruikt voor de ballastblokken.

G.9.1.2.1. Kolomvoet

Combinatie	Element	Frep	Ontwerp kracht ($\gamma = 1.2$)
CO2	Voetstuk	0.84 kN	1.01 kN

De druk in de kolom wordt meegenomen om de benodigde ballast te verminderen (NEN-EN 13782).

Voor de wrijvingsfactor wordt 0.4 aangehouden (stalen voetplaat op hout). Als extra ballast wordt 2 kN (200kg) meegenomen met dezelfde wrijvingsfactor.

$$\mu * \gamma * N_k + Z_{h,d} \geq \gamma * H_k$$

UC.9	F_d / Z_{ud}	$1.01 / ((0.4*1*2)+(0.4*2)) = 0.63 < 1$	OK
-------------	----------------	---	----

G.9.1.2.2. Afspanning

Spanband	F_{rep} (kN)	$F_{h,rep}$ (kN)	B_h (kN)	$F_{v,rep}$ (kN)	B_v (kN)	$B_h + B_v$ (kN)	Ballast (kN)	UC
CO2 Afspanning	3.1	2.2	6.60	2.2	2.64	9.24	10.0*	0.92

*) minimaal gewicht benodigde ballast per spanband

G.10. Bijlagen

G.10.1 Unity checks

G.10.1.1 Kolom



ontwerp- en adviesbureau voor lichtgewicht bouwen

Aluminium Eurocode 1993-1-1

Project:	Element:	Member: -	Combination:
----------	----------	-----------	--------------

<p>Parameters</p> <table style="width:100%;"> <tr><td>fo</td><td>240 N/mm²</td></tr> <tr><td>fu</td><td>260 N/mm²</td></tr> <tr><td>E</td><td>70000 N/mm²</td></tr> <tr><td>N</td><td>3.60 kN (druk)</td></tr> <tr><td>My</td><td>0.18 kNm</td></tr> <tr><td>Mz</td><td>0.56 kNm</td></tr> <tr><td>Lcr,y</td><td>2298 mm</td></tr> <tr><td>Lcr,z</td><td>2298 mm</td></tr> <tr><td>Iy</td><td>316520 mm⁴</td></tr> <tr><td>Iz</td><td>268100 mm⁴</td></tr> <tr><td>ey</td><td>31.5 mm</td></tr> <tr><td>ex</td><td>31.5 mm</td></tr> <tr><td>Wyel</td><td>10065 mm³</td></tr> <tr><td>Wypl</td><td>13976 mm³</td></tr> <tr><td>Wzel</td><td>8444 mm³</td></tr> <tr><td>Wzpl</td><td>11990 mm³</td></tr> <tr><td>Aeff</td><td>729 mm²</td></tr> <tr><td>ym1</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>ym2</td><td>1.25</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">classification by thickness of round tube</p> <table style="width:100%;"> <tr><td>t</td><td>3 mm</td></tr> <tr><td>D</td><td>63 mm</td></tr> </table> <table style="width:100%;"> <tr><td>B</td><td>13.75</td><td>eq. (6.10)</td></tr> <tr><td>ε</td><td>1.02</td></tr> <tr><td>class</td><td>2</td><td>table (6.2)</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">class overic OK</p> <p style="text-align: center;">classification conditions - Table 6.2 - Slenderness parameters</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Class A</th> <th>B1</th> <th>B2</th> <th>B3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>11.23</td> <td>16.33</td> <td>22.45</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width:100%;"> <tr> <td>class 1</td> <td>False</td> <td>B < B1</td> </tr> <tr> <td>class 2</td> <td>True</td> <td>B1 < B < B2</td> </tr> <tr> <td>class 3</td> <td>False</td> <td>B2 < B < B3</td> </tr> <tr> <td>class 4</td> <td>False</td> <td>B3 < B</td> </tr> </table>	fo	240 N/mm ²	fu	260 N/mm ²	E	70000 N/mm ²	N	3.60 kN (druk)	My	0.18 kNm	Mz	0.56 kNm	Lcr,y	2298 mm	Lcr,z	2298 mm	Iy	316520 mm ⁴	Iz	268100 mm ⁴	ey	31.5 mm	ex	31.5 mm	Wyel	10065 mm ³	Wypl	13976 mm ³	Wzel	8444 mm ³	Wzpl	11990 mm ³	Aeff	729 mm ²	ym1	1.1	ym2	1.25	t	3 mm	D	63 mm	B	13.75	eq. (6.10)	ε	1.02	class	2	table (6.2)	Class A	B1	B2	B3		11.23	16.33	22.45	class 1	False	B < B1	class 2	True	B1 < B < B2	class 3	False	B2 < B < B3	class 4	False	B3 < B	<p>Compression art. (6.2.4)</p> <p>1 Ned / No,Rd < 1 eq. (6.22)</p> <p>2 Ned / Nu,Rd < 1 eq. (6.21)</p> <table style="width:100%;"> <tr><td>Ned</td><td>3.60 kN</td></tr> <tr><td>No,Rd</td><td>159.05 kN</td></tr> <tr><td>Nu,Rd</td><td>15163 kN</td></tr> </table> <table style="width:100%;"> <tr><td>UC1</td><td>0.02</td></tr> <tr><td>UC2</td><td>0.02</td></tr> </table> <p>Bending Moment art. (6.2.5)</p> <p>1 Myed / Myc,Rd < 1 eq. (6.25)</p> <p>2 Myed / Myu,Rd < 1 eq. (6.24)</p> <p>3 Mzed / Mzc,Rd < 1 eq. (6.25)</p> <p>4 Mzed / Mzu,Rd < 1 eq. (6.24)</p> <table style="width:100%;"> <tr><td>Myed</td><td>0.18 kNm</td></tr> <tr><td>Mzed</td><td>0.56 kNm</td></tr> <tr><td>α;y</td><td>1.39</td><td>table (6.4)</td></tr> <tr><td>α;z</td><td>1.42</td><td>table (6.4)</td></tr> <tr><td>Myc,Rd</td><td>3.05 kNm</td></tr> <tr><td>Myu,Rd</td><td>2.03 kNm</td></tr> <tr><td>Mzc,Rd</td><td>2.62 kNm</td></tr> <tr><td>Mzu,Rd</td><td>1.76 kNm</td></tr> </table> <table style="width:100%;"> <tr><td>UC1-y</td><td>0.06</td></tr> <tr><td>UC2-y</td><td>0.09</td></tr> <tr><td>UC3-z</td><td>0.21</td></tr> <tr><td>UC4-z</td><td>0.32</td></tr> </table>	Ned	3.60 kN	No,Rd	159.05 kN	Nu,Rd	15163 kN	UC1	0.02	UC2	0.02	Myed	0.18 kNm	Mzed	0.56 kNm	α;y	1.39	table (6.4)	α;z	1.42	table (6.4)	Myc,Rd	3.05 kNm	Myu,Rd	2.03 kNm	Mzc,Rd	2.62 kNm	Mzu,Rd	1.76 kNm	UC1-y	0.06	UC2-y	0.09	UC3-z	0.21	UC4-z	0.32	<p>Bending and Axial Force art. (6.2.9)</p> $\left(\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \right)^2 + \alpha \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^2 \right] \leq 1.00$ <p style="text-align: center;">eq. (6.43) - (ω=0=1) - (ω=1.3)</p> <table style="width:100%;"> <tr><td>UC</td><td>0.23</td></tr> </table> <p>Buckling (compression) art. (6.3.1.1)</p> <p>Ned / Nb,Rd < 1 eq. (6.45)</p> <table style="width:100%;"> <tr><td>Ned</td><td>3.60 kN</td></tr> <tr><td>Nb,Rd</td><td>35074.75 (z-axis)</td></tr> <tr><td>Nb,Rd</td><td>28.87 kN</td></tr> </table> <table style="width:100%;"> <tr><td>UC</td><td>0.12</td></tr> </table> <p>Buckling (Bending and Axial Force) art. (6.3.3.1)</p> $\left(\frac{N_{Ed}}{\lambda_{min} N_{t,Rd}} \right)^2 + \alpha \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^2 \right] \leq 1.00$ <p style="text-align: center;">eq. (6.62) - (ω=0=1) - (ωx=1) - (ω=0.8)</p> <table style="width:100%;"> <tr><td>UC</td><td>0.41</td></tr> </table>	UC	0.23	Ned	3.60 kN	Nb,Rd	35074.75 (z-axis)	Nb,Rd	28.87 kN	UC	0.12	UC	0.41
fo	240 N/mm ²																																																																																																																							
fu	260 N/mm ²																																																																																																																							
E	70000 N/mm ²																																																																																																																							
N	3.60 kN (druk)																																																																																																																							
My	0.18 kNm																																																																																																																							
Mz	0.56 kNm																																																																																																																							
Lcr,y	2298 mm																																																																																																																							
Lcr,z	2298 mm																																																																																																																							
Iy	316520 mm ⁴																																																																																																																							
Iz	268100 mm ⁴																																																																																																																							
ey	31.5 mm																																																																																																																							
ex	31.5 mm																																																																																																																							
Wyel	10065 mm ³																																																																																																																							
Wypl	13976 mm ³																																																																																																																							
Wzel	8444 mm ³																																																																																																																							
Wzpl	11990 mm ³																																																																																																																							
Aeff	729 mm ²																																																																																																																							
ym1	1.1																																																																																																																							
ym2	1.25																																																																																																																							
t	3 mm																																																																																																																							
D	63 mm																																																																																																																							
B	13.75	eq. (6.10)																																																																																																																						
ε	1.02																																																																																																																							
class	2	table (6.2)																																																																																																																						
Class A	B1	B2	B3																																																																																																																					
	11.23	16.33	22.45																																																																																																																					
class 1	False	B < B1																																																																																																																						
class 2	True	B1 < B < B2																																																																																																																						
class 3	False	B2 < B < B3																																																																																																																						
class 4	False	B3 < B																																																																																																																						
Ned	3.60 kN																																																																																																																							
No,Rd	159.05 kN																																																																																																																							
Nu,Rd	15163 kN																																																																																																																							
UC1	0.02																																																																																																																							
UC2	0.02																																																																																																																							
Myed	0.18 kNm																																																																																																																							
Mzed	0.56 kNm																																																																																																																							
α;y	1.39	table (6.4)																																																																																																																						
α;z	1.42	table (6.4)																																																																																																																						
Myc,Rd	3.05 kNm																																																																																																																							
Myu,Rd	2.03 kNm																																																																																																																							
Mzc,Rd	2.62 kNm																																																																																																																							
Mzu,Rd	1.76 kNm																																																																																																																							
UC1-y	0.06																																																																																																																							
UC2-y	0.09																																																																																																																							
UC3-z	0.21																																																																																																																							
UC4-z	0.32																																																																																																																							
UC	0.23																																																																																																																							
Ned	3.60 kN																																																																																																																							
Nb,Rd	35074.75 (z-axis)																																																																																																																							
Nb,Rd	28.87 kN																																																																																																																							
UC	0.12																																																																																																																							
UC	0.41																																																																																																																							

Printdate: *****	Filename: A.5.4-Kolom-D63.xlsm	Location: C:\Userstrenst\Documents\
------------------	--------------------------------	-------------------------------------

Tentech bv, Rotsoord 13E 3523 CL Utrecht, postbus 85190 3508 AD Utrecht
t 030-252 1863, f 030-254 1239, www.tentech.nl

G.10.1.2 Ligger



ontwerp- en adviesbureau voor lichtgewicht bouwen

Aluminium Eurocode 1999-1-1

Project:	Element:	Member: -	Combination:
----------	----------	-----------	--------------

Parameters

fo	240 N/mm ²
fu	260 N/mm ²
E	70000 N/mm ²
N	8.24 kN (druk)
My	0.11 kNm
Mz	0.57 kNm
Lcr,y	3498 mm
Lcr,z	3498 mm
Iy	316520 mm ⁴
Iz	268100 mm ⁴
ey	31.5 mm
ez	31.5 mm
Wyel	10065 mm ³
WypI	13976 mm ³
Wzel	8444 mm ³
Wzpl	11990 mm ³
Aeff	729 mm ²
ym1	1.1
ym2	1.25

classification by thickness of round tube

t	3 mm
D	63 mm

classification conditions - Table 6.2 - Slenderness parameters

Class A	B1	B2	B3
class 1	False	False	B < B1
class 2	True	True	B1 < B < B2
class 3	False	False	B2 < B < B3
class 4	False	False	B3 < B

class overik Off

Compression art. (6.2.4)

1 **Ned / Nc,Rd < 1** ✓ eq. (6.22)

2 **Ned / Nu,Rd < 1** ✓ eq. (6.23)

Ned	8.24 kN
Nc,Rd	153.05 kN
Nu,Rd	151.63 kN

UC1 ✓ **0.05**

UC2 ✓ **0.05**

Bending Moment art. (6.2.5)

1 **Myed / Myc,Rd < 1** ✓ eq. (6.25)

2 **Myed / Myu,Rd < 1** ✓ eq. (6.24)

3 **Mzed / Mzc,Rd < 1** ✓ eq. (6.25)

4 **Mzed / Mzu,Rd < 1** ✓ eq. (6.24)

Myed	0.11 kNm
Mzed	0.57 kNm
α,y	1.39 table (6.4)
α,z	1.42 table (6.4)
Myc,Rd	3.05 kNm
Myu,Rd	2.09 kNm
Mzc,Rd	2.62 kNm
Mzu,Rd	1.76 kNm

UC1-y ✓ **0.04**

UC2-y ✓ **0.05**

UC3-z ✓ **0.22**

UC4-z ✓ **0.32**

Bending and Axial Force art. (6.2.9)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right] \leq 1.00$$

eq. (6.43) - (ω0 = 1) - (ω = 1.3)

UC ✓ **0.24**

Buckling (compression) art. (6.3.1.1)

Ned / Nb,Rd < 1 ✓ eq. (6.48)

Ned	8.24 kN
BC	A
α	0.20 table (6.6)
λ ₀	0.10 table (6.6)
γ	0.08 eq. (6.50)
φ	6.61 N
λ	3.40 eq. (6.51)
Ncr	15137.53 (z-axis)
Nb,Rd	12.96 kN

UC ✓ **0.64**

Buckling (Bending and Axial Force) art. (6.3.3.1)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \eta \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right] \leq 1.00$$

eq. (6.62) - (ω0 = 1) - (ωx = 1) - (ω = 0.8)

UC ✓ **0.91**

Printdate: ##### Filename: A.5.2-Ligger-D63.xlsm Location: C:\Userstrenst\Documents

Tentech bv., Rotsoord 13E 3529 CL Utrecht, postbus 85190 3508 AD Utrecht
t 030-252 1869 . f 030-254 1238 . www.tentech.nl

G.10.1.3 Drukstaaf



ontwerp- en adviesbureau voor lichtgewicht bouwen

Aluminium Eurocode 1999-1-1

Project: | Element: | Member: - | Combination:

Parameters

fo	240 N/mm ²
fu	260 N/mm ²
E	70000 N/mm ²
N	4.63 kN (druk)
My	0.00 kNm
Mz	0.00 kNm
Lcr,y	2530 mm
Lcr,z	2530 mm
Iy	126763 mm ⁴
Iz	126763 mm ⁴
ey	25.25 mm
ez	25.25 mm
Wyel	5020 mm ³
Wyp1	6778 mm ³
Wzel	5020 mm ³
Wzp1	6778 mm ³
Aeff	448 mm ²
ym1	1.1
ym2	1.25

clarification by thickness of round tube

t	3 mm
D	50.5 mm

class 2 *table (6.2)*

class overit **Off**

classification conditions - Table 6.2 - Slenderness parameters

Class A	B1	B2	B3
class 1	False	B < B1	
class 2	True	B1 < B < B2	
class 3	False	B2 < B < B3	
class 4	False	B3 < B	

Compression art. (6.2.4)

1 **Ned / No,Rd < 1** *eq (6.22)*

2 **Ned / Nu,Rd < 1** *eq (6.23)*

Ned	4.63 kN
No,Rd	97.67 kN
Nu,Rd	93.12 kN

UC1 **0.05**

UC2 **0.05**

Bending Moment art. (6.2.5)

1 **Myed / Myo,Rd < 1** *eq (6.25)*

2 **Myed / Myu,Rd < 1** *eq (6.24)*

3 **Mzed / Mzo,Rd < 1** *eq (6.25)*

4 **Mzed / Mzu,Rd < 1** *eq (6.24)*

Myed	0.00 kN
Mzed	0.00 kN
Myo,Rd	1.48 kNm
Myu,Rd	1.04 kNm
Mzo,Rd	1.48 kNm
Mzu,Rd	1.04 kNm

UC1-y -

UC2-y -

UC3-z -

UC4-z -

Bending and Axial Force art. (6.2.9)

$$\left(\frac{N_{ed}}{N_{o,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{y,ed}}{M_{y,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{z,ed}}{M_{z,Rd}} \right)^2 \leq 1.00$$

eq. (6.43) - (w=1) - (w=1.3)

UC **-**

Buckling (compression) art. (6.3.1.1)

Ned / Nb,Rd < 1 *eq. (6.48)*

Ned	4.63 kN
Nb,Rd	11.54 kN

UC **0.40**

Buckling (Bending and Axial Force) art. (6.3.3.1)

$$\left(\frac{N_{ed}}{N_{o,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{y,ed}}{M_{y,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{z,ed}}{M_{z,Rd}} \right)^2 \leq 1.00$$

eq. (6.62) - (w=1) - (w=1) - (w=0.8)

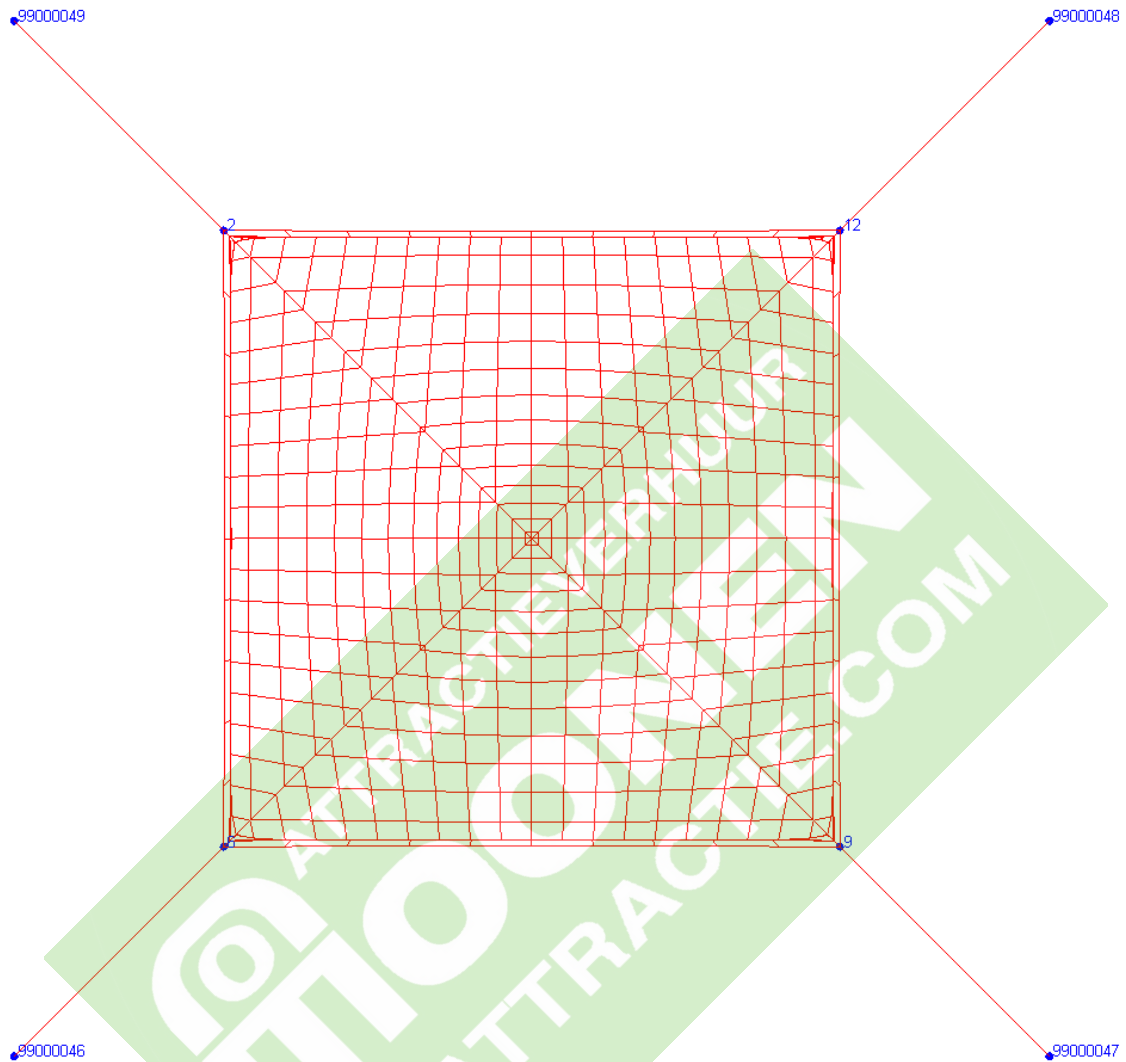
UC **0.48**

Printdate: ##### | Filename: A.5.3 - Mast - D51.xlsm | Location: C:\Users\strenst\Documents

Tentech bv, Postoord 13E, 3523 CL Utrecht, postbus 85190, 3506 AD Utrecht
 t 030-252 1869, f 030-254 1233, www.tentech.nl

G.10.2 Easy bijlage

G.10.2.1 Puntnummers



G.10.2.2 Tabel

Att	Node	Koor X	Koor Y	Koor Z	CO1			CO2			CO3		
					Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
0	2	-2.5	2.5	0	-0.07	0.07	1.52	-0.15	0.08	2.02	-0.05	0.05	2.14
0	6	-2.5	-2.5	0	-0.07	-0.07	1.52	-0.15	-0.08	2.02	-0.05	-0.05	2.14
0	9	2.5	-2.5	0	0.07	-0.07	1.52	0.10	-0.10	0.10	0.05	-0.05	2.14
0	12	2.5	2.5	0	0.07	0.07	1.52	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	2.14
0	99000046	-4.2	-4.2	0	-0.86	-0.86	-1.26	-1.55	-1.53	-2.25	-0.87	-0.87	-1.28
0	99000047	4.2	-4.2	0	0.86	-0.86	-1.26	0.21	-0.21	-0.31	0.87	-0.87	-1.28
0	99000048	4.2	4.2	0	0.86	0.86	-1.26	0.21	0.21	-0.31	0.87	0.87	-1.28
0	99000049	-4.2	4.2	0	-0.86	0.86	-1.26	-1.55	1.53	-2.25	-0.87	0.87	-1.28

H. **Materiaalcertificaten**

